PUBLISHED BY
UNIVERSITY OF NEW MEXICO, NEUTROSOPHIC SCIENCE INTERNATIONAL ASSOCIATION AND LATIN AMERICAN ASSOCIATION OF NEUTROSOPHIC SCIENCES .

VOL. 37
2025

NEUTROSOPHIC COMPUTING AND MACHINE LEARNING

ISSN 2574-1101 (ONLINE)
ISSN 2574-1098 (PRINT)

NCML

Neutrosophic Computing and Machine Learning

Neutrosophic Computing Machine and Learning

Copyright Notice

The authors of the articles do hereby grant Neutrosophics Computing and Machine Learning non-exclusive, worldwide, royalty-free license to publish and distribute the articles in accordance with the Budapest Open Initiative: this means that electronic copying, distribution and printing of both full-size version of the journal and the individual can be made by any user without permission or charge. The authors of the articles published in Neutrosophic Computing and Machine Learning retain their rights to use this journal as a whole or any part of it in any other publications and in any way they see fit. Any part of Neutrosophic Computing and Machine Learning howsoever used in other publications must include an appropriate citation of this journal

Información para Autores y Suscriptores

"Neutrosophic Computing and Machine Learning" (NCML) es una revista académica que ha sido creada para publicaciones de estudios avanzados en neutrosofía, conjunto neutrosófico, lógica neutrosófica, probabilidad neutrosófica, estadística neutrosófica, enfoques neutrosóficos para el aprendizaje automático, etc. y sus aplicaciones en cualquier campo.

Todos los trabajos presentados deben ser profesionales, con un buen uso del idioma inglés o español, que contengan una breve reseña de un problema y los resultados obtenidos.

La neutrosofía es una nueva rama de la filosofía la cual estudia el origen, naturaleza y alcance de las neutralidades, así como sus interacciones con diferentes espectros ideacionales. La teoría considera que cualquier noción o idea <A> junto a su opuesto o negación <antiA> y el espectro de neutralidades <neutA> entre ellos(es decir nociones o idea que no soportan a ni a <A> ni a <antiA>). Las ideas <neuA> y <antiA> juntas son nombradas <noA>.

La neutrosofía es una generalización de la dialéctica de Hegel (Esta última es basada en <A> y <AntiA> solamente).

De acuerdo a esta teoría toda idea <A> tiende a ser neutralizada y balanceada por <antiA> y <noA>-como un estado de equilibrio.

En su forma clásica <A>, <neutA>, <antiA> son disjuntos dos por dos. Pero como en varios casos los límites entre conceptos son vagas a imprecisas, es posible que <A>, <neutA>, <antiA> (y <nonA> por supuesto) tengan partes comunes dos por dos también, o incluso los tres a la vez.

Los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica son generalizaciones de los conjuntos difusos de la lógica difusa respectivamente (y especialmente de los conjuntos intuicionista y respectivamente de la lógica difusa intuicionista). En la lógica neutrosófica cada proposición tiene un grado de veracidad (T), un grado de indeterminación (I) y un grado de falsedad (F) donde T, I, F son subconjuntos estándar o no estándar de] -0, 1+ [,

La Probabilidad Neutrosófica es una generalización de las probabilidades clásicas e imprecisas.

La estadística neutrosófica es una generalización de las estadísticas clásicas e imprecisas.

Neutrosophic Computing and Machine Learning

Lo que distingue a la neutrosofía de otros campos es el <neutA>, que no significa ni <A> ni <antiA>.

<neutA> , el cual por supuesto depende de <A>, puede ser indeterminación, neutralidad, empate en un juego, desconocimiento, contradicción, ignorancia, imprecisión, etc.

Todos los envíos deben realizarse con el siguiente formato:

http://fs.unm.edu/NCML/NCML-paper-template.doc

http://fs.unm.edu/ScinceLibrary.htm

Para poner a consideración un trabajo, envíe el archivo por correo electrónico a los editores en jefe. Para solicitar problemas impresos, póngase en contacto con los editores. Esta revista es de acceso abierto, no comercial, edición académica. Es impreso para donaciones privadas.

Más información sobre la neutrosofía, así como un conjunto de libros y materiales en distintos idiomas se encuentran libremente disponibles en el sitio de la UNM: http://fs.unm.edu/neutrosophy.htm

La página principal de esta revista puede ser accedida en: http://fs.unm.edu/NCML/

Neutrosophic Computing and Machine Learning

A Quarterly International Journal in Information Science and Engineering

Editors-in-Chief

Prof. Florentin Smarandache, PhD, Postdoc, Mathematics Department, University of New Mexico, Gallup, NM 87301, USA. Email: smarand@unm.edu
Prof. Maikel Leyva-Vázquez PhD. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador E-mail: mleyvaz@gmail.com

Associated Editors:

José Felipe Ramírez Pérez, Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba.
Milton Maridueña Arroyave, Instituto Tecnológico Superior Vicente Rocafuerte, Guayaquil, Ecuador.
Karina Pérez-Teruel, Universidad Abierta para Adultos, Santiago de los Caballeros, República Dominicana.
Neilys González Benítez, Centro Meteorológico Provincial de Pinar del Río, Cuba.
Jesús Estupiñán Ricardo, Universidad Regional Autónoma de Los Andes, República de Ecuador.
Noel Batista Hernández, Universidad de Guayaquil, República de Ecuador.
Julio Barzola-Monteses, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Editors

Rodolfo González Ortega, Universidad de Feevale Brasil.
Oiner Gómez Baryolo, Facultad de Sistemas Computacionales y Telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica ECOTEC, Samborondón, Guayas, Ecuador.
Jesús Hechavarría Hernández, Universidad de Católica Santiago de Guayaquil Ecuador.
Salah Hasan Saleh, Universidad de las Ciencias Informáticas, Habana Cuba.
Milton Villegas Alava, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
Johanna Irene Escobar Jara, Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas, Guayaquil, Ecuador.
Ameirys Betancourt Vazquez, Polytechnic Institute of Technology and Science, Luanda, Angola.
Diego Silva Jiménez, Instituto de Investigación e Innovación en Salud, Universidad Central Santiago de Chile, República de Chile.
Lenin Villalobos Egaña, Centro de Educación Continua, Universidad Antofagasta, República de Chile.

ÍNDICE

1. **Florentin Smarandache, Maikel Y. Leyva Vázquez, Lorenzo Cevallos-Torres, Lucitania Janeth Liberio Barco.** Neutrosofía: Orígenes, aplicaciones y perspectivas en la lógica contemporánea 1
2. **Jonathan Vera Macias, Fernando Eduardo Alvarado Veliz, Marco Arguello Arguello, Lorenzo Jovanny Cevallos Torres.** Análisis Multicriterio Neutrosófico de Personas Desaparecidas en Ecuador: Un Enfoque de Datos Abiertos para el Período 2024 11
3. **Segundo Heriberto Granja Huacón, José Alexander Morales Alvear, Santiago Alexander Olvera Manobanda, Alexander Raúl Morejón Vásquez.** Mapa Cognitivo Neutrosófico para la evaluación de la debida protección de los adolescentes ante el consumo de estupefacientes 21
4. **Iván Patricio Montaleza Quizhpe, Franklin Parrales-Bravo.** Análisis de la Distribución e Impacto de las Becas en la Educación Superior de Ecuador 30
5. **Alex Santiago Páez Maldonado, Klever Israel Llerena Villares, Leonardo Mario Falconi Cardenas, Fernando Daniel Lalaleo Camino.** Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales 39
6. **Edwin Xavier Quito Recalde, Johanna Maribel Pando Farez, Edwin Alfred Riofrio Núñez, Paola Dayanara Ramírez Carrión, Jorge Leopoldo Pauta Riera, Dayron Rumbaut Rangel.** Patrones y Factores Determinantes en Casos de Personas Desaparecidas en Ecuador 47
7. **Manuel Richard Naranjo Rodríguez, Ignacio Fernando Barcos Arias, Pedro David Yela Bustamante.** Método neutrosófico para la evaluación de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador 60
8. **Christian Emmanuel Bohórquez Rizzo, Daybelis Fernanda Olaya Ponce, Andrea Nahime Coello Huilcapi, Vanessa Josefa Hernández Alvarado.** Método neutrosófico para evaluar la ciberseguridad en la ciudad de Babahoyo 70
9. **Clara Elisa Pozo Hernández, Jhostin Patricio Colimba Farinango, Yessenia Maribel Caipe Yanascual, Zully Rivel Nazate Chuga.** Sistema de recomendaciones sobre los beneficios de la microbiota en niños menores de 5 años 78
10. **Taisha Romina Jisama Velásquez, Pamela Milena Castro Villareal, Estalin Rene Portilla Paguay.** Sistema de recomendaciones para la clasificación la falta de desconexión digital en el teletrabajo y su impacto en la seguridad jurídica en Ecuador 86
11. **Karen Nicole Flores Cano, Ángela Patricia Arellano Guilcamaigua, Mayerly Salomé Pozo Mera, Rosa Evelyn Chugá Quemac.** Mapa Cognitivo Neutrosófico para el análisis de los factores que retrasan el proceso de adopción en la ciudad de Ibarra 96
12. **David Alexander Arcos Pazmiño, Alejandra Deyanira Villarreal Villarreal, Daniel Alejandro Herrera Aguilar, Rosa Evelyn Chugá Quemac.** Método 105

Copyright © Neutrosophic Computing and Machine Learning, 2025

Multicriterio Neutrosófico para la evaluación a la vulneración de derechos de los menores migrantes en la ciudad de Tulcán

13. **María José Enríquez Villarreal, Mayeli Cristina Guerrero Montenegro, Kerlhy Lisbeth Malte Puetate, Rosa Evelyn Chugá Quemac.** Mapa Cognitivo Neutrosófico para evaluar el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios 118
14. **Jonathan Rafael Ortiz Villacis, Gabriela Liseth Vaca Altamirano, Carmen Salinas Goodier, Wilson Hernán Aldaz Calapiña.** Método Neutrosófico multicriterio para evaluar el nivel de conocimiento en odontología de los estudiantes que atienden pacientes embarazadas en UNIANDES 131
15. **John Alex Torres Yánez, Jhon Jairo Naranjo Mejía, Angie Pamela Supe Amaguaña.** Método multicriterio neutrosófico para evaluar complicaciones en la apendicectomía laparoscópica en pacientes jóvenes 138
16. **John Alex Torres Yánez, Brenedy Fernando Camino Garcés, Karla Stephanie Moreira Velasco.** Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación de riesgos, eficacia y resultados de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática 146
17. **Samantha de los Ángeles Vásquez Barberán, Gabriela Liseth Vaca Altamirano, Irvin Ricardo Tubón Usca.** Método nuetrosófico multicriterio para el diangóstico de la fenilcetonuria 157
18. **Jeannette Amparito Urrutia Guevara, Samantha Naomi Barreno Sailema, Lesly Gissela Tipanguano Chicaiza, Niurka de los Ángeles Mejía Toscano.** Método para la recomendación sobre los derechos de los menores víctimas de violencia sexual y la protección integral 167
19. **Mishell Stephany Núñez Hernández, Evelyn Nathaly Sánchez Rosero, Javier Estuardo Sánchez Sánchez.** Métodos AHP y Topsis para la evaluación de obturación de fistula bucosinusal con injerto pediculado de bola adiposa de Bichat 177
20. **Irvin Ricardo Tubón Usca, Joselin Nayeli Bonilla Espinoza, Gabriela Liseth Vaca Altamirano.** Método para la evaluación de las amiloidosis mediante Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico 188
21. **Piedad Elizabeth Acurio Padilla, Melany Yamilex Reascos Chalacán, Mauricio Fernando Enrríquez Grijalva.** Sistema de recomendaciones para la clasificación de Pupilometría en el traumatismo craneoencefálico grave 197
22. **Juan Diego Zurita Vargas, Giovanny Vinicio Pineda Silva, Andrés Sebastián Villacrés Quintana.** Método neutrosófico para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II 206
23. **Katheryn Mishel Guamushig Jaque, Nairovys Gómez Martínez, Adisnay Rodríguez Plasencia.** Evaluación neutrosófica para la evaluación en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico 217
24. **María Fernanda Morales Gómez de la Torre, Karely Nicole Gualotuña Piñataxi, Leydy Vanessa Pilatasig Díaz, Eloisa Cumanda Santamaría Guamán.** Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para evaluar el rol de enfermería en el cuidado de los adolescentes que presentan el trastorno de ansiedad 226
25. **Raúl González Salas, Mildre Mercedes Vidal del Río, Daniela Alejandra Proaño Remache.** Método neutrosófico para la evaluación de la estrategia de manejo en la conservación de los tapires (Tapirus Spp.) 235

Copyright © Neutrosophic Computing and Machine Learning, 2025

26. **Jorge Andrés Rodas Buenaño, Antonio Gabriel Castillo Medina, Andrés Sebastián Villacrés Quintana, Javier Renato Moyano Arévalo.** Método neutrosófico para evaluar los recubrimientos DLC bajo condiciones de erosión seca 246

27. **Andrea Carolina Vela Chiriboga, Kevin Marcelo Lozada Escobar, Paúl Sebastián Bedoya Lozada.** Método neutrosófico para el análisis del perfil de resistencia antibiótica de Staphylococcus aureus aislado de vacas con mastitis subclínica 254

28. **Ángel Raúl Zabala Yubaille, Jhael Mikaela Gómez Ashqui, Hipatia Carolina Valencia Villalba, Álvaro Francisco Sánchez Cedeño.** Método neutrosófico para la evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina 265

29. **Emilio Micael Álvarez Medina, Fosther Mateo Álvarez Yanza, Rosa Anahí Castillo Flores, Mildre Mercedes Vidal del Río.** Evaluación multicriterio neutrosófica sobre el raquitismo canino en la ciudad Ambato 274

30. **Dayana Lizbeth Arequipa Vilca, Joseline Mishell Cuji Suqui, Paola Estefanía Guamán Cargua, Raúl González Salas.** Método neutrosófico multicriterio para la evaluación del impacto de la mastitis bovina en la producción y calidad de la leche 282

31. **Marco Paul Medina Valencia, Melina Geraldin Flores Castro, Jolena Verónica Vinueza Lara, Álvaro Francisco Sánchez Cedeño.** Método neutrosófico para la evaluación del impacto de la rabia bovina en la ganadería 291

32. **Daniela Alejandra Proaño Remache, Xavier Alexander Larcos Loarte, Ligia Ivette Valle Ortiz, Jaine Labrada Ching.** Evaluación neutrosófica sobre de la vulnerabilidad a cisticercosis porcina en zonas rurales del sector Picaihua 300

33. **Mario Andrés Fuertes Paguay, Lessly Denisse Iza Campaña, Alejandra Abigail Molina Lozada.** Método neutrosófico para la recomendación sobre sistemas adhesivos y su gold estándar 311

34. **Santiago Fernando Fiallos Bonilla, Mayra Esthefania Gavilanez Curay, Rodolfo Joel Muñoz Altamirano, and Clara Giuliana Gómez Ojeda.** Método multicriterio neutrosófico para evaluar el impuesto a la salida de divisas y su incidencia en el derecho al desarrollo económico de los ecuatorianos 321

35. **Josía Jeseff Isea Arguelles, Carlos Javier Lizcano Chapeta, Carmen Marina Méndez Cabrita, Luis Andrés Crespo Berti.** Sistema de recomendaciones para la evaluación del derecho laboral de los migrantes en Ecuador 331

36. **Josía Jeseff Isea Arguelles, Luis Andrés Crespo Berti, Carlos Javier Lizcano Chapeta, Carmen Marina Méndez Cabrita.** Mapa Cognitivo Neutrosófico para evaluar el estado de la violencia de género y migración en Ecuador 339

37. **Myrian Paulina Barreno Sánchez, Paulina Elizabeth Salas Medina, Jenny Yolanda Barreno Sánchez, María José Barreno Sánchez.** Método multicriterio neutrosófico para evaluar las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato 349

38. **Diego Andrés Carrillo Rosero, Luis Geovanny Sarauz Huertas, Paulina Elizabeth Salas Medina.** Método neutrosófico para la evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC 360

39. **Jeannette Amparito Urrutia Guevara, Álvaro Mauricio Paredes Vayas, Kevin Jeanpierre Suarez Monotoa, Emilia José Yancha Urrutia.** Método Neutrosófico Multicriterio para evaluar los desafíos jurídicos de la telemedicina en Ecuador 370

Copyright © Neutrosophic Computing and Machine Learning, 2025

40. **Kerly Joselyna Silva Basantes, Melanny Yuliana Espinoza Robalino, Cosme Rodrigo Rea Guadalupe, Mónica Alexandra Salame Ortiz.** Mapa Cognitivo Neutrosófico para la evaluación en la concientización sobre la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador 378

41. **Álvaro Mauricio Paredes Vayas, Stefania Raimondi Romero, Kevin Jeanpierre Suarez Monotoa, Iruma Alfonso González.** Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la contaminación hídrica en Ambato 389

42. **Paulina del Rocío Borja Bautista, Pamela Sarai Chimbiligua Figueroa, Elian Emanuel Icaza Moran, Mónica Alexandra Salame Ortíz.** Método para la evaluación sobre los derechos a la privacidad de datos de nuestras niñas, niños y adolescentes en Ecuador 397

43. **Matías Josué Chicaiza Flores, Juan Alejandro Coloma Armijos, Kevin Josué Maldonado Valle, Diego Francisco Granja Zurita.** Método neutrosófico para evaluar la necesidad de tipificar el delito de pornovenganza en el COIP ecuatoriano 407

44. **Matías Josué Chicaiza Flores, Kevin Josué Maldonado Valle, Bolívar David Narváez Montenegro, Pablo Miguel Vaca Acosta.** Método Neutrosófico multicriterio para evaluar la viabilidad de la utilización del polígrafo en el campo laboral 417

45. **Vinicio Sebastián Ribadeneira Ramírez, Juan Diego Zurita Vargas, Antonio Gabriel Castillo Medina.** Método neutrosófico para evaluar un nuevo material compuesto polipropileno y cañamo para el reemplazo de los actuales materiales que conforman las puertas en los vehículos 424

46. **Giovanna Fernanda Vinueza Arroyo, Jeannette Amparito Urrutia Guevara, Meyvelin de Lourdes Balladares Ortiz.** Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para evaluar la trata de personas y la mendicidad infantil 434

47. **Emily Belén Chiriboga Mera, Marco Antonio González Partidas, Doris Dayana López Carvajal, Luis Orlando Albarracín Zambrano.** Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación del prototipo de carro foto sensible implementado en arduino para aprendizaje didáctico 444

48. **Joel Alexander Acosta Melo, Luis Sebastián Cañar Teneda, Paulo Ariel Yépez Benavides, Luis Javier Molina Chalacán.** Método neutrosófico para la evaluación en la gestión de membresías en el gimnasio AAPFT en la ciudad de Ambato 456

49. **Justin Luis Moreira García, Raúl Alejandro Duran Enríquez, Diego Paul Palma Rivera.** Método neutrosófico para la evaluación del sistema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético “Brii” en la ciudad de Santo Domingo 465

50. **Jorge Hernán Almeida Blacio, Mónica Patricia Mayorga Díaz, Franklin Gerardo Naranjo Armijo.** Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación de la rentabilidad de empresas hoteleras de la Isla Santa Cruz 475

51. **Kimberly Nathaly Guerrero Caiza, Joseph Alejandro Proaño Freire, Santiago Fernando Fiallos Bonilla, Pablo Miguel Vaca Acosta.** Método neutrosófico para la evaluación del impacto del incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos sobre el debido proceso y la tutela judicial efectiva 488

52. **Britanny Gabriela Quilligana Velastegui, María de Lourdes Manotoa Bimboza, Santiago Fernando Fiallos Bonilla, Pablo Miguel Vaca Acosta.** Método neutrosófico multicriterio para la evaluación del impacto de la contaminación oceánica por plásticos en los derechos de la naturaleza 500

Copyright © Neutrosophic Computing and Machine Learning, 2025

53. **Pablo Miguel Vaca Acosta, Santiago Fernando Fiallos Bonilla, Jordan Aldair Soria Mena, Diego Fernando Caguana Pilapanta.** Mapa Cognitivo Neutrosófico para el análisis del impacto de la minería legal e ilegal en la comunidad de Yutzupino y la vulneración de derechos de las comunidades étnicas 509

54. **Diego Francisco Granja Zurita, Jeannette Amparito Urrutia Guevara, Samantha Naomi Barreno Sailema, Niurka de los Ángeles Mejía Toscano.** Método neutrosófico para la evaluación del impacto de la era digital en el derecho notarial 520

55. **Martha Elizabeth Guaigua Vizcaíno, María Gladys Balla Yumisaca, Norma Eulalia Barona López, Roberto Rolando López López.** Evaluación multicriterio neutrosófica sobre las tendencias en transacciones y montos generados en ATM´s por Cooperativas de Ahorro y Créditos 528

56. **Abdel Bermúdez-del Sol, Karen Aracelly Tobar Armendáriz, Luis Ramón Bravo Sánchez, Alexis Santiago Sisalema Peñafiel.** Evaluación neutrosófica del conocimiento ancestral sobre el uso de las plantas medicinales en la comunidad indígena Salasaka, Ecuador 537

57. **Kimberly Nathaly Guerrero Caiza, Joseph Alejandro Proaño Freire, Santiago Fernando Fiallos Bonilla, Pablo Miguel Vaca Acosta.** Método nuetrosófico multicriterio para la evaluación en la evolución del derecho ambiental en Ecuador a partir de la sentencia en el caso Chevron-Texaco 545

58. **Esteban Fernando López Espinel, Juan Diego Zurita Vargas, Vinicio Sebastián Ribadeneira Ramírez, Antonio Gabriel Castillo Medina.** Método neutrosófico para la evaluación del impacto de los vehículos eléctricos basado en la infraestructura de carga y sostenibilidad 555

59. **Edison Joselito Naranjo Luzuriaga, Bolívar David Narváez Montenegro, Pablo Ermely Espinoza Pico.** Método neutrosófico para el análisis de las implicaciones ético - legales en la captura de personas con problemas de adicciones en Ecuador 564

60. **María Leonor Atiencie Gutiérrez, Erika Gabriela Álava Jiménez, Natalia Elizabeth Lojano Patiño, Cindy Gabriela Ortega García.** Las conductas disruptivas en niños de 6 a 8 años de la escuela Abdón Calderón Garaicoa de la ciudad de Pasaje y su incidencia en el rendimiento académico 575

61. **Wladimir Alexander Palacios Zurita, Edwin José Moran Estrada, Alexander Javier Paredes Romero, Ely Stefanie Parra Tauriz, Patricia Stefania Morillo Montenegro, Manuel Fabricio Reyes Wagnio.** Patrones y factores determinantes de los homicidios en Ecuador: Un Enfoque de Análisis Basado en Datos Abiertos y Herramientas Predictivas 587

62. **Manuel José Castillo Román, Alejandra Carolina Espinosa Torres, Johanna Mariuxi González Arias, Rosa Cristina Giler Zambrano, Walter Leonardo Gallegos Pilligua, Glen Freddy Robayo Cabrera, Miguel Angel Quiroz Martinez.** Examen de las personas desaparecidas en Ecuador mediante la minería de datos de Orange 604

63. **Carlos Hernán Suarez Barragán, Pedro Antonio Rodríguez Jarama, Erick Alfredo Saa Litardo, Víctor Gabriel Varela Lozano, Alfonso A. Guijarro-Rodríguez, María Isabel Galarza Soledispa.** Análisis de problemas sociales y medioambientales en Ecuador a través de datos abiertos 615

64. **Ángel Gerardo Lara Muñoz, Estefanía Alexandra Chávez Mestanza, Jeannette Cecilia Pazmiño Garcés, Daniela Jazmina Proaño Mendoza.** 628

Copyright © Neutrosophic Computing and Machine Learning, 2025

Evaluación del rendimiento de las técnicas manuales y mecanizadas en endodoncia mediante conjuntos Multineu-trosophic SuperHyperSoft

65. **Estefanía Alexandra Chávez Mestanza, José Luis Alcívar Rodríguez, Marcos Javier Loor Tobar, Diego Paul Pichucho Simbaña.** Optimización de las decisiones clínicas en el tratamiento de la periodontitis mediante el modelado de superconjuntos neutrosóficos 641
66. **Carlos Alejandro Troya Altamirano, María Auxiliadora Ganchozo Zambrano, Berenice Elizabeth Acosta Toro, Katherine Briggitte Quilumba Obregón.** Análisis de los retos que afectan a la detección precoz del cáncer de cuello uterino en el Instituto Tsáchila mediante el IADOV neutrosófico refinado 653
67. **Mariuxi Alexandra González Torres, María Fernanda Reinoso Benavides, Jeimy Nicole Jaramillo Paredes.** Prevención de infecciones fúngicas en pacientes con prótesis parciales mediante SVMNS Entropy-SMART 665
68. **Christian David Zapata Hidalgo, Arianna Maialen Martínez Muñoz, Vivian Milagros Iturralde Lozano, Terina Adalid Valenzuela Rojas.** Análisis de la duración del tratamiento de ortodoncia mediante el método neutrosófico CRITIC 676
69. **Cristian Paul Rodríguez Cayamcela, Segundo Javier López Pérez, Flavio Orlando Murillo Valenzuela.** Aplicación del Plithogenic n-SuperHyperGraph al análisis de Candida auris en entornos hospitalarios 688
70. **Edwin Rafael Omaña Durán, Hilary Justin Ortega Dueñas, Valentina Dayanara Rodríguez Anangonó, César Paúl Cervantes García.** Evaluación de estrategias de prevención de la hepatitis B en embarazadas mediante SVMNS COPRAS 700
71. **Ragde Carolyne López Cisneros, Marco Alejandro Jumbo Andrade, Jonathan Manuel Cadena Alba, Christian Eduardo Pozo Cevallos.** Aplicación del modelo Plithogenic n-SuperHyperGraph en el tratamiento integral de las deformidades cráneo-faciales 713
72. **Monica Gabriela Chachalo Sandoval, Yesenia Mishell Revelo Requena, Scarleth Samantha Congo Méndez, Monica Priscila Pazmiño Imbaquingo.** Estrategias para reducir la mortalidad fetal en embarazos adolescentes 726
73. **Santiago Xavier Peñarreta Quezada, Gilary Mayumi Imbacuan Ayala, Marcela Estefanía Chalacan Castro.** Evaluación de estrategias clínicas para el hipotiroidismo subclínico en gestantes 736
74. **Washington Omar Guevara Pérez, Oscar David Salazar Correa, Esther de los Dolores Jiménez Andrade.** Selección óptima de estrategias quirúrgicas para rotura hepática en síndrome HELLP mediante análisis neutrosófico 746
75. **Jonathan Luis Gonzabay Muñoz, Mónica Gabriela Chachalo Sandoval, Oscar David Salazar Correa.** Evaluación neutrosófica de técnicas de cierre abdominal para prevenir hernias incisionales 756
76. **Esther de los Dolores Jiménez Andrade, Washington Omar Guevara Pérez, Patricio Martin Reyes Játiva.** Biomarcadores angiogénicos para optimizar el manejo de preeclampsia en Ecuador 766
77. **Oscar David Salazar Correa, Camila Dayaneth Mier Báez, Washington Omar Guevara Pérez.** Factores causales clave del síndrome de Hamman posparto 777
78. **María Belén Alvarado Villavicencio, Jennifer Jajaira Iza Jami, Diego Mateo Moreta Topon.** Optimización del tratamiento del Alzheimer mediante un análisis neutrosófico refinado 787
79. **Johanna Elizabeth Fiallos Sánchez, Diego Mauricio Laverde Albarracín, Santiago Xavier Reinoso Acosta.** Análisis multineutrosófico de las 798

Copyright © Neutrosophic Computing and Machine Learning, 2025

alteraciones musculoesqueléticas y orales en niños con patrones respiratorios disfuncionales

80. **Julio Rodrigo Morillo Cano, Sebastian Jacob Haro Salazar, Richard Stalyn Collaguazo Pupiales.** Aplicación de lógica difusa neutrosófica en la evaluación de factores de riesgo de diabetes tipo II 810

81. **José Arturo Molina Ramón, Gabriela Lizeth Carrera Guanga, Carlos Luis Villalba León.** Análisis ergonómico en el laboratorio de prótesis dental mediante superhiperestructuras neutrosóficas 822

82. **Johanna Elizabeth Fiallos Sánchez, Jessica Sayonara Suárez López, Gabriela Lizeth Carrera Guanga.** Análisis multineutrosófico para el diseño de dispositivos dentales funcionales basados en el plano de Camper 834

83. **Verónica Alejandra Salame Ortiz, Richard Omar Moreano Moreano, Rómulo Guillermo López Torres, Karla Belén Amancha Salguero.** Aplicación del n-SuperHyperGraph plitogénico en el análisis de agenesias dentales no sindrómicas y sus implicaciones oclusales 845

Copyright © Neutrosophic Computing and Machine Learning, 2025

NCML
Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Neutrosophy: Origins, applications, and perspectives in contemporary logic.

Neutrosofía: Orígenes, aplicaciones y perspectivas en la lógica contemporánea.

Florentin Smarandache [1] , Maikel Y. Leyva Vázquez [2,3], Lorenzo Cevallos-Torres [4], Lucitania Janeth Liberio Barco [5]

[1] Profesor Emérito de Matemáticas en la Universidad de Nuevo México, Gallup, Nuevo México. EE.UU. smarand@unm.edu
[2] Universidad Bolivariana del Ecuador, Guayas. Ecuador. myleyvav@ube.edu.ec
[3] Universidad de Guayaquil, Guayas. Ecuador. maikel.leyvav@ug.edu.ec
[4] Universidad de Guayaquil, Guayas. Ecuador. lorenzo.cevallost@ug.edu.ec
[5] Independent Researcher, Babahoyo, Los Ríos, Ecuador. lucitanialiberiobarco@gmail.com

Resumen. La neutrosofía es una corriente filosófica y lógica propuesta por el Prof. Dr. Florentin Smarandache que expande las ideas dialécticas tradicionales al incorporar un tercer elemento, la indeterminación, junto con la tesis y la antítesis. En diversas entrevistas y foros, complementados por las visiones del Dr. Maikel Leyva Vázquez y del Dr. Lorenzo Cevallos, se ha profundizado en su aplicación en la solución de problemas complejos, tanto en las ciencias formales como en la vida cotidiana. Este artículo explora los antecedentes de la teoría neutrosófica, sus fundamentos, aplicaciones en ámbitos como la educación, la salud, la estadística y la informática, así como su desarrollo institucional y su arraigo en América Latina.

Palabras Claves: Neutrosofía, Indeterminación, Dialéctica, Filosofía, América Latina, Lógica, Solución de problemas complejos, Educación, Salud, Estadística, Informática

Abstract. Neutrosophy is a philosophical and logical current proposed by Prof. Dr. Florentin Smarandache that expands traditional dialectical ideas by incorporating a third element—indeterminacy—alongside thesis and antithesis. In various interviews and forums, complemented by the perspectives of Dr. Maikel Leyva Vázquez and Dr. Lorenzo Cevallos, its application in solving complex problems—both in the formal sciences and everyday life—has been explored in depth. This article examines the background of neutrosophic theory, its foundations, and its applications in fields such as education, health, statistics, and informatics, as well as its institutional development and its strong presence in Latin America.

Keywords: Neutrosophy, Indeterminacy, Dialectics, Philosophy, Latin America, Logic, Complex Problem-Solving, Education, Health, Statistics, Informatics

1 Introducción

Las lógicas clásicas y difusas han dominado durante décadas el panorama de la formalización del razonamiento, especialmente en ámbitos como la inteligencia artificial, la informática y la filosofía. Sin embargo, el mundo real a menudo presenta situaciones en las que no todo es verdadero o falso: surgen matices, ambigüedades y grados intermedios de conocimiento. Es en este contexto donde la lógica neutrosófica, propuesta por el Prof. Dr. Florentin Smarandache, adquiere relevancia al introducir una tercera dimensión: la indeterminación o neutralidad.

"**Figura 1.** Entrevista sobre la Neutrosofía y su Impacto en América Latina"

Captura de pantalla de la entrevista La Neutrosofía y su Impacto en América Latina – Entrevista Exclusiva, conducida por Lucitania Janeth Liberio Barco y con la participación del Prof. Dr. Florentin Smarandache, el Dr. Maikel Leyva Vázquez, el Dr. Jovanny Cevallos Torres, entre otros. Fuente: YouTube.

En una reciente entrevista con la participación del Prof. Smarandache, el Dr. Maikel Leyva Vázquez (Presidente de la Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas) y el Dr. Lorenzo Cevallos (Universidad de Guayaquil) [1] ,se abordaron los orígenes y alcances de la neutrosofía, así como sus múltiples aplicaciones científicas y culturales, haciendo hincapié en el contexto latinoamericano.

2. Antecedentes y fundamentos de la neutrosofía

2.1. Influencia de la dialéctica y el Yin-Yang

El Prof. Smarandache explica que la neutrosofía surge como una extensión de la dialéctica hegeliana y marxista, que se basa en la oposición entre <A> y <antiA>. Además, se inspira en el principio chino del Yin-Yang, donde lo opuesto coexiste, pero con la posibilidad de matices intermedios. Esta visión trinaria (verdadero, falso e indeterminado) parte de la constatación de que en la realidad cotidiana existen situaciones "neutras" o indefinidas que no se abordan adecuadamente desde las lógicas binarias.

2.2. El rol del "empate" y el paradoxismo

Un ejemplo sencillo que menciona Smarandache proviene de la observación de los resultados en deportes como el fútbol o el ajedrez, donde pueden darse tres posibilidades: ganar, perder o empatar. A su vez, la noción de paradoxismo —movimiento literario y filosófico basado en el uso excesivo de paradojas y contradicciones— contribuyó a generar la idea de que no todo puede clasificarse linealmente como sí o no; existen estados intermedios que merecen un tratamiento lógico propio [2].

2.3. Conceptualización:

La neutrosofía formaliza la coexistencia de estos tres elementos:

- Tesis (⟨A⟩): representa la afirmación o la postura principal.
- Antítesis (⟨antiA⟩): indica la contradicción u oposición a la tesis.
- Neutrotesis o Neutralidad (⟨neutA⟩): constituye la región de indeterminación o neutralidad entre la tesis y la antítesis.

A partir de esta estructura base, Smarandache desarrolla axiomas y extensiones matemáticas, tales como las estructuras (t,i,f) neutrosóficas, donde cada proposición se expresa con grados de verdad, indeterminación y falsedad independientes [3]

3. Aplicaciones de la lógica neutrosófica

3.1. Resolución de conflictos

Uno de los ejemplos más citados por Smarandache es la intervención de un tercero neutral en conflictos binarios, ya sea entre dos personas o dos naciones. Este tercero puede inclinar la balanza hacia uno de los lados o propiciar un espacio de consenso en el que se integren partes de ambos bandos [4,5]

3.2. Extensiones en mitología, folklore y sistemas de pensamiento

La neutrosofía trasciende las oposiciones binarias presentes en mitologías y tradiciones folklóricas, ofreciendo puntos intermedios en la interpretación de símbolos y relatos[6]. Además, Smarandache propone un sistema de pensamiento multialista para abarcar múltiples opuestos e indeterminaciones simultáneas [7],

3.3. Computación cuántica y evolución neutrosófica

La computadora cuántica neutrosófica plantea la posibilidad de bits con estados indeterminados o superpuestos, extendiendo la noción de qubits a una formalización neutrosófica[8]. Por otra parte, en la teoría de la evolución neutrosófica, el Prof. Smarandache sugiere incluir grados de evolución, involución e indeterminación, ampliando la visión de la teoría darwiniana [9]

4. Conexión con América Latina

El Prof. Smarandache indica que su interés en la cultura latinoamericana se debe a la cercanía idiomática entre el rumano y el español, ambos con raíces latinas. Asimismo, destaca que las **cosmovisiones indígenas** de la región muestran gran sintonía con la neutrosofía, pues a menudo trascienden los dualismos rígidos y reconocen la existencia de estados intermedios o combinaciones parciales de opuestos [10, 11].

Figura 2. Actividad conjunta entre la Universidad César Vallejo y la Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas en Lima, Perú, 2024.

Su estrecha colaboración con instituciones y académicos de América Latina lo ha llevado a recorrer diversos países de habla hispana y portuguesa, plasmando estas experiencias en libros y artículos de viaje, tales como En La Cordillera De Los Andes [12] o La Habana Neutrosófica [13]. Además, junto con el Prof. Dr. Maikel Leyva Vázquez, dirige la revista en español **Neutrosophic Computing and Machine Learning (NCML) [14].**

5. Desafíos y perspectivas futuras

5.1. Recepción de la lógica neutrosófica

Según Smarandache, el principal obstáculo en la difusión inicial de la neutrosofía fue la similitud que algunos veían con la lógica difusa intuicionista. Sin embargo, la independencia de sus tres componentes (verdadero, neutral, falso) y su potencial para modelar situaciones de la vida real han ido ganando aceptación.

5.2. Lógica plitogénica

Smarandache introduce la lógica plitogénica, que generaliza la clásica, la difusa, la intuicionista y la neutrosófica. En esta nueva visión, una proposición puede caracterizarse por múltiples grados de verdad, cada uno asociado a un atributo particular, reflejando así la complejidad y diversidad de la realidad [15].

Una proposición de lógica plitogénica P es una proposición que se caracteriza por grados de muchos valores de verdad con respecto al valor del atributo correspondiente. Para cada valor de atributo v hay un grado correspondiente de valor de verdad d(P, v) de P con respecto al valor del atributo v.

La lógica plitogénica es una generalización de la lógica clásica, la lógica difusa, la lógica difusa intuicionista y la lógica neutrosófica, ya que estos cuatro tipos de lógica se caracterizan por un único valor de atributo (valor de verdad):

- que tiene un valor (verdad) – para la lógica clásica y la lógica difusa,
- dos valores (verdad y falsedad) – para la lógica difusa intuicionista,
- o tres valores (verdad, falsedad e indeterminación) – para la lógica neutrosófica.

Una proposición de lógica plitogénica P, en general, puede caracterizarse por más de cuatro grados de valores de verdad resultants de varios atributos:

5.3. NeutroEstructuras y AntiEstructuras

En la propuesta de NeutroEstructuras, los axiomas de una estructura pueden cumplirse parcialmente (no siempre al 100%), y en las AntiEstructuras pueden ser totalmente falsos. Esta aproximación refleja cómo en la vida cotidiana las leyes o normas se aplican de manera Desigual [16].

Como en la vida cotidiana de la sociedad, donde las leyes sociopolíticas, económicas y financieras, etc. (= axiomas) se aplican a algunos, pero no a otros, ¡porque hay personas poderosas que están por encima de las leyes (axiomas)!

Es por eso que los axiomas no necesariamente tienen que ser 100% verdaderos, incluso en estructuras algebraicasc clasicas, por ejemplo.

5.4. SúperHiperEstructuras

Una SúperHiperEstructura es una estructura construida sobre el n-ésimo Conjunto de Potencias de un Conjunto H, para $n \geq 1$, como en nuestro mundo real {porque un conjunto (o sistema) H (que puede ser un conjunto de elementos, una organización, un país, etc.) está compuesto por subconjuntos que son partes de P(H), que a su vez están organizados en sub-subconjuntos que son partes de P(P(H)) = P2(H), luego en sub-sub-subconjuntos que son partes de P3(H), y así sucesivamente, Pn+1(H) = P(Pn(H) } [17].

El conjunto de poderes P(H) significa todos los subconjuntos vacíos y no vacíos de H, incluido el conjunto vacío (ϕ), que representa la indeterminación que ocurre dentro del conjunto H (como en nuestro mundo real donde tratamos con información poco clara/indeterminada en cualquier espacio/conjunto); y lo mismo para Pn(H).

5.5. Proyecciones en la inteligencia artificial y el big data

Dada la emergencia de la inteligencia artificial generativa, el Dr. Maikel Leyva resalta la relevancia de la neutrosofía para lidiar con respuestas que puedan tener partes verdaderas, falsas o indeterminadas. En la medida en que se intensifique el uso de IA en la toma de decisiones, la capacidad de modelar la incertidumbre y el sesgo con herramientas neutrosóficas se vuelve fundamental.

6. Aportes de la entrevista con el Dr. Maikel Leyva y el Dr. Lorenzo Cevallos

En la entrevista realizada para profundizar en el impacto de la neutrosofía, el Dr. Maikel Leyva Vázquez y el Dr. Lorenzo Cevallos compartieron sus perspectivas, resaltando la asociación latinoamericana que promueve la neutrosofía, así como aplicaciones concretas en el campo de la estadística, la inteligencia artificial y la formación de investigadores.

6.1. Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas

El Dr. Maikel Leyva destaca que la neutrosofía ha despertado gran interés en Latinoamérica, donde confluyen diversas cosmovisiones indígenas y una cultura mestiza que, tradicionalmente, ha sabido reconocer espacios intermedios o mixtos. Para coordinar esfuerzos, en 2018 se fundó la Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas, con presencia en numerosos países de la región.

- Esta red ha impulsado eventos científicos en Perú, Ecuador, Cuba y otros países.
- Publica en revistas indexadas como Neutrosophic Sets and Systems (NSS), en cuartil Q1 de Scopus, y Neutrosophic Computing and Machine Learning (NCML), enfocada al público hispanohablante.
- Desarrolla vínculos con instituciones diversas, promoviendo la investigación interdisciplinaria.

6.2. Aplicaciones en la Universidad de Guayaquil

El Dr. Lorenzo Cevallos, profesor e investigador en la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil, describe cómo la neutrosofía está contribuyendo en múltiples proyectos:

1. **Estadística Neutrosófica:**
   - Permite manejar encuestas y mediciones con "grados de indecisión" o neutralidad.
   - Facilita analizar y presentar resultados cuando existe una franja significativa de población indecisa, por ejemplo, en elecciones o sondeos de mercado.
2. **Proyectos FCI (Fondos Concursables de Investigación):**
   - Aplicación de modelos estadísticos multivariantes neutrosóficos para el estudio de emociones en pacientes con enfermedades crónicas asociadas a factores nutricionales.
   - Uso de sistemas inteligentes que integran la incertidumbre en la toma de decisiones clínicas.
3. **Eventos académicos:**
   - Brunch científico "Horizontes Neutrosóficos" en la Universidad de Guayaquil, con la presencia del Prof. Smarandache, las autoridades universitarias y el Decano de la Facultad de Ingeniería Industrial.
   - Integración de la neutrosofía en la docencia, fomentando la formación de nuevos investigadores.

El Dr. Cevallos también subraya que la estadística clásica no siempre es suficiente para representar la indeterminación. Con la estadística neutrosófica se cuantifica mejor la parcialidad de la verdad, la falsedad y la neutralidad, volviéndose especialmente útil en problemas sociales y de salud.

6.3. Perspectiva cultural y filosófica

Durante la entrevista, tanto el Dr. Leyva como el Dr. Cevallos recalcan la importancia de la dimensión cultural:

- Las sociedades indígenas y mestizas en América Latina tienen una visión menos polarizada del mundo, lo que sintoniza bien con la idea neutrosófica de reconocer grados y matices.
- Se enfatiza la necesidad de pensamiento crítico, evitar extremismos y buscar una integración flexible de diversos puntos de vista.

7. Aplicaciones generales de la lógica neutrosófica

7.1. Resolución de conflictos y mediaciones

El Prof. Smarandache menciona que, en la resolución de conflictos, la aparición de un actor neutral suele inclinar la balanza o propiciar puntos de encuentro. Este patrón se repite en disputas personales, litigios y controversias internacionales.

7.2. Mitología, folklore y cosmovisiones indígenas

La neutrosofía trasciende los esquemas binarios presentes en muchas mitologías y tradiciones, ofreciendo lugares intermedios de negociación cultural e interpretativa. Este enfoque conecta de forma natural con la cosmovisión indígena latinoamericana, como señalan los entrevistados, quienes han publicado trabajos aplicados a la cultura andina.

7.3. Estadística neutrosófica y toma de decisiones

Tal como expuso el Dr. Lorenzo Cevallos, la estadística neutrosófica permite manejar datos con una franja indeterminada. Este enfoque resulta especialmente valioso en:

- Encuestas electorales, con un alto porcentaje de personas indecisas.
- Estudios en salud, donde el autoinforme de pacientes puede tener sesgos e incertidumbres.
- Problemas socioeconómicos que requieren intervalos y probabilidades no clásicas.

8. Neutrosofía en América Latina

8.1. Visión regional y fundación de la Asociación

La Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas, presidida por el Dr. Maikel Leyva, ha sido clave para la difusión de la neutrosofía en la región, organizando conferencias en varios países y conectando con investigadores de distintas disciplinas. El español, segundo idioma nativo más hablado del mundo, sirve de puente para una divulgación amplia de los avances neutrosóficos.

Figura 3. Encuentro de la Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas con instituciones académicas cubanas.

8.2. Proyectos de investigación y eventos académicos

- **Congresos y talleres:** se han realizado encuentros en Perú, Ecuador, Cuba y El Salvador, enfocándose en aplicaciones de la neutrosofía en la inteligencia artificial, la educación y la estadística.
- **Colaboraciones:** la Universidad de Guayaquil ha fomentado programas de investigación con Dr. Leyva, Dr. Cevallos y el Prof. Smarandache, apoyados por las autoridades académicas (rectorado y vicerrectorado).
- **Brunch científico:** la jornada en la Universidad de Guayaquil resaltó la transversalidad de la neutrosofía al vincular áreas de ingeniería, ciencias de la salud, humanidades y ciencias sociales.

Figura 4. Encuentro Científico entre la Universidad de Guayaquil y la Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas, 2024. Fotografía cortesía de Karina Peñafiel Coello, MSc.

9 Conclusión

La neutrosofía surge como un marco teórico robusto y flexible para abordar problemas en los que intervienen incertidumbre, contradicciones y grados de verdad complejos. Su aplicabilidad se ha extendido a campos tan diversos como la estadística, la inteligencia artificial, la sociología y la filosofía, con un notable arraigo en América Latina gracias a la labor de la Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas y a la interacción con universidades como la de Guayaquil.

El mensaje conjunto de los entrevistados es claro:

- La vida real no se reduce a dicotomías cerradas; reconocer la neutralidad e indeterminación enriquece el razonamiento.
- El trabajo en equipo y la apertura cultural son fundamentales para difundir y aplicar la neutrosofía.
- La juventud científica tiene un gran campo de investigación y oportunidades para el desarrollo de tesis, proyectos e intercambios internacionales, impulsando la colaboración y el avance de la lógica neutrosófica.

Referencias

[1] Liberio Barco, L. J. (Entrevistadora). (2025, febrero 22). Neutrosofía: Orígenes, Aplicaciones y Perspectivas en la Lógica Contemporánea [Entrevista con F. Smarandache, M. Leyva Vázquez y L. Cevallos]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=-N96N5qUF7Q

[2] Smarandache, F. (s.f.). Paradoxismo. Sitio web del Prof. Florentin Smarandache. https://fs.unm.edu/a/PARadoXisMo-es.htm

[3] Smarandache, Florentin. "Symbolic Neutrosophic Theory." arXiv e-prints (2015): arXiv-1512.

[4] Smarandache, Florentin. "Neutrosophy means: Common Parts to Uncommon Things and Uncommon Parts to Common Things." Neutrosophic Sets & Systems 68 (2024).

[5] Smarandache, F. (2025). Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes. Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, 18(1), 1-14.
[6] Smarandache, F. (2024). Neutrosophy Transcends Binary Oppositions in Mythology and Folklore. Neutrosophic Sets & Systems, 65.
[7] Smarandache, F. (2023). The MultiAlist System of Thought:(philosophical essay). Neutrosophic Sets & Systems, 61.
[8] Smarandache, F. (2022). Neutrosophic Quantum Computer. Collected Papers. Volume VIII: On Neutrosophic Theory and Applications, 92.
[9] Smarandache, F. (2017). Introducing a Theory of Neutrosophic Evolution: Degrees of Evolution, Indeterminacy, and Involution. Progress in Physics, 13(2), 130-135.
[10] Florentin Smarandache, & Maikel Y. Leyva Vázquez. (2025). From Di-alectics to N-alectics: Indigenous Cultures and Ancestral Philosophies in Latin America . Neutrosophic Sets and Systems, 81, 1-11.
[11] Maikel Y. Leyva Vázquez, & Florentin Smarandache. (2025). Andean Epistemology, Ch'ixi, and Neutrosophic Logic . Neutrosophic Sets and Systems, 81, 246-257.
[12] Smarandache, F. (2025). En la cordillera de los Andes: Fotodiario instantáneo. BRAIN Publishing. Disponible en https://fs.unm.edu/EnLaCordilleraDeLosAndes.pdf
[13] Smarandache, F. (2024). La Habana, neutrosófica: Diario fotográfico instantáneo. Biblio Publishing. Disponible en https://fs.unm.edu/LaHabanaNeutrosofica-es.pdf
[14] Smarandache, F., & Leyva-Vázquez, M. (2018). Neutrosophic Computing and Machine Learning (NCML). Recuperado de https://fs.unm.edu/NCML/index-es.html
[15] Smarandache, F. (s.f.). Lógica plitogénica. Recuperado de https://fs.unm.edu/P/
[16] Smarandache, F. (s.f.). NeutroEstructuras y AntiEstructuras. Recuperado de https://fs.unm.edu/NA/
[17] Smarandache, F. (s.f.). SuperHiperEstructura y SuperHiperEstructura Neutrosófica. Recuperado de https://fs.unm.edu/SHS/

Citación sugerida

Smarandache, F., Leyva Vázquez, M., & Cevallos, L. (2025). Neutrosofía: Orígenes, aplicaciones y perspectivas en la lógica contemporánea. Artículo elaborado a partir de entrevistas y foros con el Prof. Dr. Florentin Smarandache, el Dr. Maikel Leyva Vázquez y el Dr. Lorenzo Cevallos, disponible en: https://www.youtube.com/watch?feature=shared&v=-N96N5qUF7Q

Mensaje final para jóvenes investigadores

"La realidad no es perfecta ni se reduce a dicotomías. La lógica neutrosófica brinda una forma de pensar flexible, con componentes de verdad, falsedad e indeterminación. Esto permite explorar soluciones más ricas y colaborativas. Invitamos a las nuevas generaciones a unirse al estudio y difusión de la neutrosofía, publicando en revistas como Neutrosophic Sets and Systems o Neutrosophic Computing and Machine Learning, y aportando a la construcción de un futuro científico y filosófico más inclusivo." – Florentin Smarandache, Maikel Leyva Vázquez & Lorenzo Cevallos

Vínculos de Interés (Anexo)

1. Paradoxismo (en Español)
   https://fs.unm.edu/a/PARadoXisMo-es.htm
2. Estructuras (t, i, f)-Neutrosóficas
   https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1512/1512.00047.pdf
   https://fs.unm.edu/SymbolicNeutrosophicTheory.pdf
3. NeutroMeans y resoluciones de conflictos
   https://fs.unm.edu/NSS/NeutroMeans1.pdf
4. Neutrosophy Transcends Binary
   https://fs.unm.edu/NSS/NeutrosophyTranscendsBinary4.pdf
5. Sistema de pensamiento multialista
   https://fs.unm.edu/NSS/MultiAlistSystemOfThought.pdf
6. Computadora cuántica neutrosófica
   https://fs.unm.edu/NeutrosophicQuantumComputer.pdf
7. Teoría de la Evolución Neutrosófica

https://fs.unm.edu/neutrosophic-evolution-PP-49-13.pdf

8. Lógica Plitogénica
   https://fs.unm.edu/P/
9. NeutroEstructuras y AntiEstructuras
   https://fs.unm.edu/NA/
10. SúperHiperEstructura
    https://fs.unm.edu/SHS/
11. Revista Neutrosophic Computing and Machine Learning (NCML)
    https://fs.unm.edu/NCML/index-es.html
    https://fs.unm.edu/NCML/Articulos.htm
12. Libros de viajes y videoálbumes del Prof. Dr. Florentin Smarandache (en español)

- En La Cordillera De Los Andes
  https://fs.unm.edu/EnLaCordilleraDeLosAndes.pdf
- Postales del Ecuador
  https://fs.unm.edu/PostalesDelEcuador.pdf
  https://fs.unm.edu/PostalesDelEcuador.pptx
  https://fs.unm.edu/V/PostalesDelEcuador.mp4
- En la Tierra de Los Incas
  https://fs.unm.edu/EnLaTierraDeLosIncas.pdf
- La Habana Neutrosofica
  https://fs.unm.edu/LaHabanaNeutrosofica-es.pdf
- Agosto Cubano
  https://fs.unm.edu/AgostoCubano.pdf
  https://fs.unm.edu/AgostoCubano.pptx
  https://fs.unm.edu/V/AgostoCubano.mp4
- EsPeruanza
  https://fs.unm.edu/EsPeruanza-esp.pdf
  https://fs.unm.edu/EsPeruanza-esp.pptx
  https://fs.unm.edu/V/EsPeruanza-esp.mp4
- Conferencia Neutrosófica y Plitogénica en Perú
  https://fs.unm.edu/ConferenciaPeru-es.pdf
- Ron, Tabaco y Libertad
  https://fs.unm.edu/RonTabacoYLibertad.pdf
  https://fs.unm.edu/RonTabacoYLibertad.pptx
  https://fs.unm.edu/V/RonTabacoYLibertad.mp4
- Los caminos de Neruda
  https://fs.unm.edu/LosCaminosDeNeruda.pdf
  https://fs.unm.edu/LosCaminosDeNeruda.pptx
  https://fs.unm.edu/V/LosCaminosDeNeruda.mp4
- Colombia, una Constante Neutrosofica
  https://fs.unm.edu/ColombiaUnaConstanteNeutrosofica.pdf
  https://fs.unm.edu/ColombiaUnaConstanteNeutrosofica.pptx
  https://fs.unm.edu/V/ColombiaUnaConstanteNeutrosofica.mp4
- Un Domingo Dominicano
  https://fs.unm.edu/UnDomingoDominicano.pdf
  https://fs.unm.edu/UnDomingoDominicano.pptx
  https://fs.unm.edu/V/UnDomingoDominicano.mp4
- La Mitad de la Tierra
  https://fs.unm.edu/LaMitadDeLaTierra.pdf
  https://fs.unm.edu/LaMitadDeLaTierra.pptx
  https://fs.unm.edu/V/LaMitadDeLaTierra.mp4
- Hielo Fuego. En el sur de Suramérica
  https://fs.unm.edu/HieloFuego.pdf
  https://fs.unm.edu/HieloFuego.pptx
  https://fs.unm.edu/V/South%20America%20Hielo-Fuego.mp4
- Inventario del General Malo (poemas)
  https://fs.unm.edu/Inventario.pdf

13. Temas de investigación en Lógica Neutrosófica (en Español)
https://fs.unm.edu/VisionGeneral.htm

Recibido: febrero 11, 2025. Aceptado: marzo 01, 2025

NCML
Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New México

Neutrosophic Multicriteria Analysis of Missing People in Ecuador: An Open Data Approach for the Period 2024

Análisis Multicriterio Neutrosófico de Personas Desaparecidas en Ecuador: Un Enfoque de Datos Abiertos para el Período 2024

Jonathan Vera Macias [1*], Fernando Eduardo Alvarado Veliz [2], Marco Arguello Arguello [3], Lorenzo Jovanny Cevallos Torres [4,5]

[1] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. jkveram@ube.edu.ec
[2] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. fealvaradov@ube.edu.ec
[3] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador, maarguelloa@ube.edu.ec
[4] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. ljcevallost@ube.edu.ec
[5] Universidad de Guayaquil, Guayas. Ecuador.

Abstrac. This study analyzes open data from the Ecuadorian government to examine missing persons cases during 2024. A total of 5,642 cases with complete location data were analyzed, revealing an average distance of 50.69 kilometers between the place of disappearance and the discovery site, with significant variability in distance distribution. Provincial disparities were notable, with Pichincha and Guayas accounting for nearly half of the cases. While Pichincha achieved a resolution rate of 91.02%, coastal provinces like Esmeraldas had considerably lower rates (61.28%), highlighting regional challenges. A key innovation of this study is the use of neutrosophic multicriteria analysis to address data uncertainty. By incorporating degrees of truth, falsity, and indeterminacy, the method transforms raw data into neutrosophic intervals that capture ambiguity and imprecision. This approach enables a more robust and realistic evaluation of factors influencing missing persons cases. The findings support recommendations for enhanced interprovincial collaboration, standardized search protocols, and the implementation of early warning systems to improve resolution rates and effectively tackle the issue of missing persons in Ecuador.

Keywords: Open Data, Ecuador, Missing People, Social Analysis, Social Issues, Neutrosophy, Uncertainty.

Resumen. Este estudio analiza datos abiertos del gobierno ecuatoriano para examinar casos de personas desaparecidas durante el año 2024. Se analizaron un total de 5,642 casos con datos completos de ubicación, revelando una distancia promedio de 50.69 kilómetros entre el lugar de desaparición y el sitio de hallazgo, con una variabilidad significativa en la distribución de las distancias. Se observaron disparidades provinciales notables, siendo Pichincha y Guayas responsables de casi la mitad de los casos. Mientras que Pichincha logró una tasa de resolución del 91.02%, provincias costeras como Esmeraldas presentaron tasas considerablemente más bajas (61.28%), evidenciando desafíos regionales. Una innovación clave de este estudio es el uso del análisis multicriterio neutrosófico para abordar la incertidumbre en los datos. Al incorporar grados de verdad, falsedad e indeterminación, el método transforma los datos brutos en intervalos neutrosóficos que capturan la ambigüedad e imprecisión. Este enfoque permite una evaluación más robusta y realista de los factores que influyen en los casos de personas desaparecidas. Los hallazgos respaldan recomendaciones para una mayor colaboración interprovincial, protocolos de búsqueda estandarizados y la implementación de sistemas de alerta temprana para mejorar las tasas de resolución y abordar eficazmente el problema de las personas desaparecidas en Ecuador.

Palabras clave: Datos Abiertos, Ecuador, Personas Desaparecidas, Análisis Social, Problemas Sociales, Neutrosofía, Incertidumbre.

1. Introduction

Ecuador faces various social and environmental problems that affect its population, including the worrying increase in the number of missing persons. This phenomenon reflects challenges in security, justice, and human rights, that deserve to be addressed from an evidence-based approach. The access to open data provides a unique chance to tackle these issues through in-depth and well-founded analyses that allow for the proposal of solutions [1]. This article focuses on the use of open data available in Ecuador to analyze this social phenomenon and understand its underlying patterns. The main aim is to carry out a Datathon focused on missing people, using advanced techniques of analysis, cleaning, and display of data. The results will be able to be used as a tool to generate strategies that address the situation.

The phenomenon of missing persons in Ecuador must be understood within the broader regional context of Latin America, where various countries face similar challenges related to insecurity, organized crime, and human trafficking. According to regional studies, disappearances often correlate with socioeconomic factors, geographical vulnerabilities, and institutional weaknesses in law enforcement and judicial systems. Ecuador's situation is particularly complex due to its geographical position as a transit country for migration flows, which increases vulnerability factors for certain population groups. The analysis of spatial and temporal patterns in disappearance cases can provide valuable insights into the potential connections between missing persons cases and other social phenomena such as migration, trafficking networks, and economic conditions in different provinces. By examining these patterns through open data analysis, this study aims to contribute to a more comprehensive understanding of the multifaceted nature of disappearances in Ecuador.

Furthermore, the methodological approach employed in this research represents a significant advancement in the application of data science to social problems in Ecuador. Traditional approaches to investigating missing-person cases have often relied on isolated case studies or limited datasets with restricted analytical capabilities. In contrast, the use of open data and advanced analytics allows for a more systematic examination of patterns across thousands of cases, potentially revealing previously unidentified trends and correlations. The neutrosophic framework applied in this study is particularly valuable for analyzing social phenomena characterized by uncertainty, as it allows for the formal handling of indeterminacy in data crucial consideration when working with information about missing persons where circumstances are often ambiguous or incomplete. This methodological innovation not only enhances the robustness of the findings but also provides a replicable framework that can be adapted for similar social challenges both within Ecuador and in other contexts with comparable data infrastructures.

2. Materials and Methods

The methodological approach employed in this research was designed to systematically analyze the complex phenomenon of missing persons in Ecuador through rigorous data science techniques. This comprehensive methodology encompasses multiple stages, from data acquisition and preparation to advanced statistical analysis and visualization, all underpinned by neutrosophic logic to account for inherent uncertainties in the dataset. The research design prioritizes both analytical robustness and practical applicability, ensuring that findings can be translated into actionable recommendations for stakeholders. By combining traditional statistical methods with innovative data visualization techniques and neutrosophic analysis, this study aims to extract meaningful patterns from the available open data while acknowledging the limitations and uncertainties inherent in records of missing persons. The following sections detail each component of this methodological framework, beginning with the selection and preprocessing of relevant datasets from Ecuador's official open data platform and progressing through the analytical pipeline to the validation of findings through neutrosophic multicriteria analysis.

Selection of Data

Datasets available on the Ecuadorian government's official open data platform (https://www.datosabiertos.gob.ec/) related to missing persons were selected. The main criteria for selection included:

- Update and quality of the dataset.
- Information relevant to geographic location, ages, dates of the report, and state of the cases.

Pipeline of Analysis

1. **Cleaning of Data**: Treatment of data inconsistent, management of values null, and standardization of formats.
2. **Exploration of Data**: Statistics descriptive and graphics for understanding distributions and general behaviors of the variables.
3. **Modeling**: Application of algorithms to identify correlations and possible clusters in the data.
4. **Display**: Generation of graphics interactive for ease the understanding of the results.

3. Results and discussion.

The results obtained are exposed later to explain the techniques selected and described in the previous section. These should be supported by the use of tables, figures, and diagrams, which clearly express the results of the study carried out by the authors.

The finding in this section constitutes a novelty or an improvement in its field of action and its superiority related to similar solutions. It should be emphasized in the validation of the result and its possible application in contexts different from the one reported in the article.

To the goals raised in the article and his contrast and comparison with what was reported previously in the scientific literature.

For an appreciation of the data base to the information generated employing in the official platform (https://www.datosabiertos.gob.ec/)

Based on in he analysis of the data, can suggest the following information regarding the locations of missing persons [2]:

1: The average distance between the place of disappearance and the place where they were found people is approximately 50.69 kilometers.

Without embargo, is vital to admit that there is a distribution very varied:

- HE identified 1.315 cases (23.3%), located within 1 km of the place of disappearance.
- HE identified 1,546 cases (27.4%), located between 1 and 5 kilometers.
- They identified themselves 730 cases (12.9%), located in a rank of 5 to 10 km.
- 1.180 cases (20.9%), it is located between 10 and 50 kilometers of distance.
- HE identified 269 cases (4.8%), located between the 50 and the 100 kilometers.
- HE identified 602 cases (10.7%), with a greater distance of 100 kilometers.
- Some data additional relevant:
- The distance maximum was recorded at 8,607.84 km in a case from PICHINCHA
- The minimum distance was 0 km in CHIMBORAZO (which means that the person was found in the same place or very close to where he/she disappeared)
- Analyzed a total of 5,642 cases that had data complete of location.

Records of people missing in Ecuador by province

The provinces classified by the amount total of cases of people missing: 1: PICHINCHA: 1,704 cases were recorded (91.02% found)

1. GUAYAS: 1,529 copies (70.50% found)
2. MANABÍ: 374 cases identified (73.26% found)
   a. EL ORO: 336 cases identified (84.82% found)
3. AZUAY: 326 cases identified (86.50% found)
4. CHIMBORAZO: 313 cases identified (92.01% found)
5. LOS RÍOS: 305 cases identified (77.70% found)
6. ESMERALDAS: 235 cases (61.28% found)
7. COTOPAXI: 227 cases identified (91.63% found)
8. SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS: 209 cases (83.25% found)

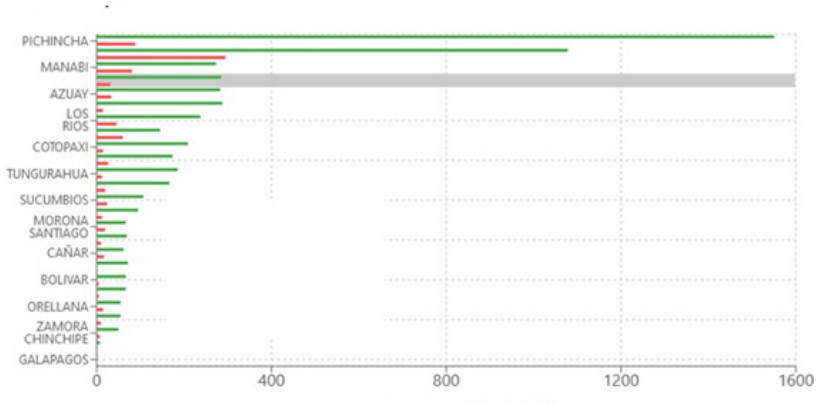


Figure 1 - People missing by Province

He can notice clearly that:

- Pichincha and Guayas stand out significantly with a further of 1500 cases each a
- There is a great gap between these two provinces and the rest
- The majority of the provinces have less of 400 cases
- Galapagos and the Zones Not Delimited They have lower numbers

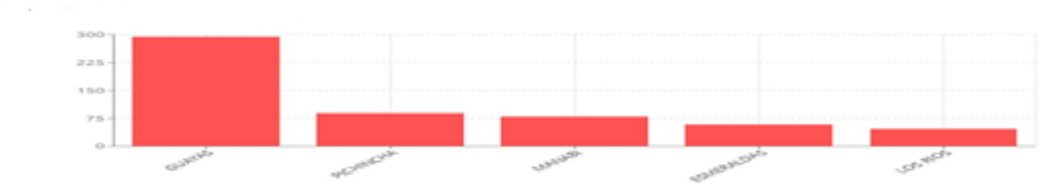


Figure 2 - Top 5 provinces with the most missing

1. GUAYAS :
   - Still, 295 individuals is missing.
   - Of a total of 1,529 situations registered
   - 19.29% of problems unsolved
2. PICHINCHA:
   - 89 individuals still in seeks -
   - Of 1,704 cases in total
   - 5.22% of cases no resolution was completed
3. MANABÍ:
   - Still 80 individuals missing.
   - Of 374 cases in total
   - 21.39% of problems unsolved
4. ESMERALDAS
   - Still, 59 individuals is missing.
   - A total of 235 cases presented
   - 25.11% of problems unsolved
5. LOS RIOS
   - Still, 46 individuals is missing.
   - A total of 305 cases presented
   - 15.08% of cases earrings of resolution

3.1 Validation of the method.

In this study, the methodology used in the investigation of disappearances of persons in Ecuador is validated through a **neutrosophic multicriteria analysis [3]** . This approach allows the robustness of the method used to be evaluated, considering the uncertainty, imprecision and indeterminacy present in the data. The validation of the method is presented below using the data from the article and applying the neutrosophic logic.

1. Justification for the Use of Neutrosophic Analysis

a. Uncertainty in Data:

- Data related to missing persons often contain inaccuracies, such as the distance between the place of disappearance and the location of discovery, or the percentage of cases solved. Neutrosophic logic makes it possible to manage these uncertainties by incorporating degrees of truth, falsity, and indeterminacy.

b. Multicriteria Evaluation:

- Neutrosophic multicriteria analysis [4] allows multiple factors (number of cases, percentage of resolved cases, mean distance, uncertainty in the data) to be weighted, taking into account the inherent imprecision of each one. This ensures that the assessment is more robust and realistic.

2. Application of Neutrosophic Analysis to Article Data

a. Original Data:

- **Average distance:** 50.69 km.
- **Distance Distribution:**
  - 1,315 cases (23.3%) within 1 km.
  - 1,546 cases (27.4%) between 1 and 5 km.
  - 730 cases (12.9%) between 5 and 10 km.
  - 1,180 cases (20.9%) between 10 and 50 km.
  - 269 cases (4.8%) between 50 and 100 km.
  - 602 cases (10.7%) more than 100 km away.
- **Percentage of Cases Resolved by Province:**
  - Pichincha: 91.02%.
  - Guayas: 70.50%.
  - Manabi: 73.26%.
  - Gold: 84.82%.
  - Azuay: 86.50%.

b. Transformation of Data to Neutrosophic Intervals:

- **Average Distance:** [45, 55] km, with a degree of truth of 70%, a degree of falsity of 20%, and a degree of indeterminacy of 10%.
- **Distance Distribution:**
  - Cases within 1 km: [1,200, 1,400] cases (21%-25%), with a degree of truth of 70%, a degree of falsity of 20% and a degree of indeterminacy of 10%.
- **Percentage of Cases Resolved by Province:**
  - Pichincha: [88%, 93%], with a degree of truth of 75%, a degree of falsehood of 15% and a degree of indeterminacy of 10%.
  - Guayas: [68%, 72%], with a degree of truth of 70%, a degree of falsehood of 20% and a degree of indeterminacy of 10%.

3. Neutrosophic Multicriteria Evaluation

a. Criteria Evaluated:

- **Criterion 1:** Number of cases per province.
- **Criterion 2:** Percentage of cases resolved.
- **Criterion 3:** Average distance between disappearance and discovery.
- **Criterion 4:** Uncertainty in the data (degree of indeterminacy).

b. Neutrosophic Weights:

- **Criterion 1:** Weight [0.3; 0.4] (medium-high importance).
- **Criterion 2:** Weight [0.4; 0.5] (high importance).

- **Criterion 3:** Weight [0.2; 0.3] (medium importance).
- **Criterion 4:** Weight [0.1; 0.2] (low importance).

c. Neutrosophic Scores by Province:

- **Pichincha:** [0.85; 0.90] (high priority).
- **Guayas:** [0.75; 0.80] (medium-high priority).
- **Manabí:** [0.70; 0.75] (medium priority).
- **Gold:** [0.65; 0.70] (medium priority).
- **Azuay:** [0.60; 0.65] (medium-low priority).

4. Validation of the Method Used

a. Robustness in the Face of Uncertainty:

- Neutrosophic analysis allows capturing uncertainty in the data [5], which reinforces the validity of the method used in the research. For example, by expressing the mean distance as an interval [45, 55] km, the variability in the data is considered.

b. Consistency with the Study Objectives:

- The results obtained through neutrosophic analysis are consistent with the objectives of the study, as they allow identifying the provinces with the highest priority for intervention considering the uncertainty in the data.

c. Comparison with Traditional Methods:

- Unlike traditional methods, neutrosophic analysis provides a more robust and realistic assessment [6], by incorporating degrees of truth, falsity and indeterminacy. This ensures that the conclusions are more reliable and applicable in real-world contexts.

5. Discussion and Conclusions

a. Method Validation:

- Neutrosophic multicriteria analysis validates the method used in the research, demonstrating its robustness in the face of uncertainty and imprecision in the data. This reinforces the credibility of the results and their applicability in real contexts.

b. Contribution to the Field:

- The application of this approach in the context of missing persons is a significant contribution to the field, as it allows for more informed and robust decisions in the face of uncertainty.

c. Recommendations for Future Research:

- The application of neutrosophic analysis is recommended in future research related to complex social problems, where data often present inaccuracies and ambiguities.

The validation of the method used in the research through a neutrosophic multicriteria analysis demonstrates its robustness and applicability in contexts where the data present uncertainty and imprecision [8]. This approach not only reinforces the validity of the results, but also offers new perspectives and practical solutions for decision-making in complex problems, such as missing persons. The application of this method in future research could significantly improve the understanding and management of similar problems in other geographical or social contexts [10].

The use of open data has proven to be a fundamental tool for the analysis of critical social problems, such as disappearances in Ecuador. Through this study, it has been shown that the accessibility, quality, and updating of these data are determining factors for the effectiveness of the analyses carried out. In this sense, the implementation of more robust and accessible information systems becomes an urgent need, especially when dealing with problems of high social impact. In addition, the importance of establishing collaboration mechanisms between academia, civil society, and government institutions is underlined, to strengthen the collection, validation, and processing of data. The synergy between these actors would allow not only to improve the accuracy of the records but also to generate more effective prevention and response strategies in cases of disappearances. To deepen this analysis, the development of advanced predictive models that integrate contextual, geographic, and temporal variables is recommended, allowing to anticipate risk patterns and facilitate decision-making in public policies and preventive actions. It is also crucial to design dynamic mechanisms for the continuous updating and enrichment of available datasets, incorporating information in real-time and guaranteeing their interoperability with various digital platforms.

From a neutrosophic perspective, disappearance analysis can significantly benefit from incorporating neutrosophic logic into uncertainty modeling and data evaluation. Since this problem involves incomplete, contradictory, or imprecise information, the use of neutrosophic sets would allow these conditions to be handled more accurately.

Neutrosophic Analysis Models: Predictive models based on neutrosophic theory could be designed that consider the indeterminacy in the information reported on disappearances, differentiating between confirmed, uncertain, and false positive data.

Fuzzy Neutrosophic Cognitive Maps (NFCM): Implementing neutrosophic cognitive maps to assess the relationships between socioeconomic, political, and demographic factors that influence disappearances. This would facilitate the identification of the main drivers of the problem and the prioritization of interventions.

Integrating Neutrosophic Degrees in Open Data: Incorporating degrees of certainty, falsity, and indeterminacy in open datasets would improve their quality and reliability, reducing the impact of biased or incomplete information.

Prediction and Detection of Risk Zones: By applying neutrosophic logic in geospatial models, a risk analysis tool could be developed that allows the classification of geographic areas of high, medium, and low probability of disappearances, considering uncertainty factors.

The use of neutrosophy in this field would not only contribute to improving the accuracy of open data analysis but would also allow for more robust decision-making that is adaptable to the uncertain nature of this social problem. Future studies can explore the implementation of these approaches to generate more informed and efficient public policies in the prevention and resolution of disappearances in Ecuador and other regions with similar challenges.

In base on the study of the data, are the Conclusions most relevant:

1. Geographical Approach:
    - Most of cases are grouped in the two provinces with the elderly population of the country (Guayas and Pichincha), which represents 3,233 cases in the entire country.
    - However, the effectiveness in solving cases is considerably divided between these two provinces: Pichincha solves The 94.78% of their situations, while until Guayas only 80.71% are resolved.

2. Effectiveness in Resolution:
    - There is a remarkable disparity in the effectiveness of resolution of provinces between provinces
    - Pichincha, a to weigh of have the number of the mayor of cases (1,704), maintains a high rate of resolution
    - Emeralds present the situation further worrying, with he percentage further high of cases unresolved

(25.11%)

3. Significant Patterns :
    - The provinces coastal (Guayas, Manabi, Emeralds) Second further highs of cases unresolved
    - There is a correlation reverse between the size of the province/resources available and the rate of case resolution.
    - The region Saw sample best rates of resolution in comparison with the Coast.

4. Areas of Attention Priority:
    - Guayas require attention immediately with 295 people still missing.
    - Esmeraldas need improve their protocols of search, given the high percentage of cases unresolved.
    - Manabi presents a situation of 80 people still missing.

5. Implications for Public Policies:
    - The need of strengthen the systems of search in provinces coastal.
    - Is necessary and replicate the practices of Pichincha in other provinces.
    - It requires a distribution further equitable of resources for the search for missing persons.
    - Is important to establish the protocols for standardized search to level national.

These conclusions indicate the importance of a different approach by province, taking into account the peculiarities of each area and the optimization of the resources to increase the effectiveness in the search for missing individuals.

5. Conclusions

The findings of this study highlight the critical need for a coordinated and multifaceted approach to address the issue of missing persons in Ecuador. Our analysis reveals significant provincial disparities in both the incidence and resolution rates of disappearance cases, suggesting that targeted interventions are required to improve outcomes nationwide. Based on the evidence presented, we strongly recommend the implementation of a multisectoral and interprovincial collaboration system that facilitates resource sharing and coordinated efforts among different provinces. This collaborative framework would enable provinces with higher success rates, such as Pichincha, to share best practices, expertise, and resources with regions experiencing greater challenges, particularly coastal provinces like Guayas, Manabí, and Esmeraldas. Such a system would leverage existing strengths within the country while addressing regional vulnerabilities, ultimately reducing the percentage of unresolved missing persons cases through collective action and shared responsibility.

Additionally, our data analysis underscores the urgent necessity to implement early warning and immediate response systems in provinces with higher rates of disappearances. These systems should incorporate real-time data monitoring, automated alert mechanisms, and streamlined communication channels between law enforcement agencies, community organizations, and families of missing individuals. The neutrosophic analysis conducted in this study provides a framework for identifying high-risk patterns and geographic hotspots, which can inform the strategic deployment of these early warning systems. Particular attention should be given to coastal regions where resolution rates are demonstrably lower, suggesting structural challenges in current search and investigation protocols. By combining technological solutions with enhanced institutional coordination and community engagement, these early response systems can significantly improve the timeliness and effectiveness of interventions in the critical first hours following a disappearance, when successful resolution is most likely. Future research should focus on evaluating the implementation and impact of these recommendations, using ongoing open data analysis to measure progress and refine

approaches.

References

[1] Open Data Ecuador. [Online]. Available at: https://www.datosabiertos.gob.ec / . [Accessed: 2-Mar-2025].

[2] United Nations, "Calls for input report on the phenomenon of missing migrants - human rights analysis", Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights, 2024. [Online]. Available at: https://www.ohchr.org/en/calls-for-input/2024/call-input-report-phenomenon-missing-migrants-human-rights-analysis . [Accessed: 2-Mar-2025].

[3] CP Cevallos, "Multicriteria neutrosophic method for evaluating discriminatory algorithms in artificial intelligence", Regional Autonomous University of Los Andes, Riobamba, Ecuador, 2025. [Online]. Available at: https://fs.unm.edu/NCML/11.evaluaralgoritmos.pdf . [Accessed: 2-Mar-2025].

[4] A. García, "Multicriteria neutrosophic method to estimate the success of a treatment plan for a partially edentulous patient using prosthetic determinants", University of Cienfuegos, Cuba, 2024. [Online]. Available at: https://fs.unm.edu/NCML/16estimarexitoplan.pdf . [Accessed: 2-Mar-2025].

[5] J. Pérez, "Multicriteria Neutrosophic Method for Evaluating the Competencies of Mayoral Candidates in the Execution of Government Plans", University of Havana, Cuba, 2020. [Online]. Available at: https://archive.org/download/cmetodos-multicriterios-evaluar-candidatos/CMetodosMulticriteriosEvaluarCandidatos.pdf . [Accessed: 2-Mar-2025].

[6] L. Fernández, "Neutrosophic multicriteria method for the evaluation of nursing care for hospitalized stroke patients", University of Medical Sciences of Havana, Cuba, 2023. [Online]. Available at: https://archive.org/details/metodo-multicriterio-neutrosofico-patios . [Accessed: 2-Mar-2025].

[7] M. Rodríguez, "Multicriteria neutrosophic method to evaluate the development of the National Program for the advancement of women from the University of Cienfuegos", University of Cienfuegos, Cuba, 2022. [Online]. Available at: https://fs.unm.edu/NCML/11MEtodomulticriterioneutrosoficoevaluar.pdf . [Accessed: 2-Mar-2025].

[8] F. Smarandache, "Multicriteria Neutrosophic Method for Evaluating Discriminatory Artificial Intelligence Algorithms," Neutrosophic Computing and Machine Learning , vol. 2, no. 1, pp. 45–56, 2025. [Online]. Available at: https://fs.unm.edu/NCML2/index.php/112/article/view/ 670 . [Accessed: 2-Mar-2025].

[9] CP Cevallos, "Multicriteria neutrosophic method for evaluating discriminatory algorithms in artificial intelligence", Zenodo , 2025. [Online]. Available at: https://zenodo.org/records/14768437 . [Accessed: 2-Mar-2025].

[10] F. Smarandache, "Multicriteria Neutrosophic Method for Evaluating Discriminatory Algorithms in Artificial Intelligence," Neutrosophic Computing and Machine Learning , vol. 2, no. 1, pp. 45–56, 2025. [Online]. Available at: https://fs.unm.edu/NCML/ 11.evaluaralgoritmos.pdf . [Accessed: 2-Mar-2025].

Recibido: febrero 11, 2025. Aceptado: marzo 02, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Mapa Cognitivo Neutrosófico para la evaluación de la debida protección de los adolescentes ante el consumo de estupefacientes.

Neutrosophic Cognitive Map for the evaluation of the adequate protection of adolescents against drug use.

Segundo Heriberto Granja Huacón [1], José Alexander Morales Alvear [2], Santiago Alexander Olvera Manobanda [3], and Alexander Raúl Morejón Vásquez [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Babahoyo. Ecuador. ub.segundogh04@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Babahoyo. Ecuador. josema70@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Babahoyo. Ecuador. santiagoom86@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Babahoyo. Ecuador. alexandermv52@uniandes.edu.ec

Resumen. La investigación se centra en el consumo de estupefacientes entre adolescentes de 12 a 17 años en la Ciudadela Barrio Lindo durante el año 2023. El objetivo principal es determinar la magnitud del problema y su impacto en la seguridad y bienestar de los adolescentes, a partir de la implementación de un Mapa Cognitivo Neutrosófico para evaluar la debida protección de los jóvenes ante el consumo de estas sustancias. Este fenómeno se presenta como un desafío complejo, influenciado por factores socioeconómicos y culturales, donde la falta de oportunidades y la presión social son determinantes significativos. Los adolescentes, al encontrarse en un entorno caracterizado por carencias en perspectivas laborales y educativas y la necesidad de ser aceptados en grupos sociales, se vuelven más vulnerables al consumo de drogas. Para abordar eficazmente esta problemática, se propone un enfoque integral que contemple políticas de prevención, programas educativos, y un sólido sistema de apoyo familiar. Es esencial implementar estrategias de sensibilización y prevención en las escuelas, fortalecer las redes comunitarias y ofrecer alternativas económicas atractivas para los jóvenes. Asimismo, proponer herramientas y recursos a las familias fortalecerá su capacidad para brindar apoyo a sus hijos. Solo a través de este enfoque multifacético se podrá mitigar el impacto del consumo de estupefacientes y promover un entorno más seguro y saludable para los adolescentes en la Ciudadela Barrio Lindo.

Palabras Claves: Mapa Cognitivo Neutrosófico, evaluación, consumo de estupefacientes, protección de adolescentes, seguridad ciudadana.

Abstract. The research focuses on drug use among adolescents aged 12 to 17 years in the Ciudadela Barrio Lindo during the year 2023. The main objective is to determine the magnitude of the problem and its impact on the safety and well-being of adolescents, based on the implementation of a Neutrosophic Cognitive Map to assess the proper protection of young people from the consumption of these substances. This phenomenon is presented as a complex challenge, influenced by socioeconomic and cultural factors, where the lack of opportunities and social pressure are significant determinants. Adolescents, finding themselves in an environment characterized by deficiencies in employment and educational prospects and the need to be accepted in social groups, become more vulnerable to drug use. To effectively address this problem, a comprehensive approach is proposed that includes prevention policies, educational programs, and a strong family support system. It is essential to implement awareness and prevention strategies in schools, strengthen community networks and offer attractive economic alternatives for young people. Likewise, offering tools and resources to families will strengthen their capacity to provide support to their children. Only through this multifaceted approach will it be possible to mitigate the impact of drug use and promote a safer and healthier environment for adolescents in Ciudadela Barrio Lindo.

Keywords: Cognitive Neurosophic Map, evaluation, drug use, protection of adolescents, citizen security.

1 Introducción

El uso de estupefacientes, tanto legales como ilegales, se ha convertido en uno de los mayores desafíos que enfrentan los jóvenes en el mundo actual [1]. El consumo temprano de estas sustancias está relacionado con una serie de efectos adversos, que generan altos costos tanto para los individuos como para la sociedad en su conjunto [2]. Entre las repercusiones más preocupantes se incluyen trastornos psiquiátricos como la psicosis, así como resultados funcionales deficientes en la vida adulta, que abarcan problemas de delincuencia, dificultades financieras y cuestiones sociales [3].

Además, el uso de estupefacientes durante la adolescencia puede comprometer el desarrollo cognitivo, limitando la capacidad intelectual y afectando el rendimiento educativo. La adolescencia es un período crítico caracterizado por una notable maleabilidad cerebral, lo que significa que los jóvenes son especialmente susceptibles a las influencias de las drogas psicoactivas [4].

El consumo de estupefacientes entre adolescentes representa un problema de salud pública significativo y un desafío social que merece atención urgente. Durante la adolescencia, un periodo crítico de desarrollo, los jóvenes transitan por una serie de cambios que pueden influir en su comportamiento y toma de decisiones [5]. Esta etapa, caracterizada por la búsqueda de identidad y la necesidad de aceptación social, los pone en una posición vulnerable frente a la tentación de consumir sustancias psicoactivas. La exposición a estas sustancias no solo puede comprometer su salud física y mental, sino que también puede tener repercusiones sociales y económicas a largo plazo [6].

En este contexto, la protección de los adolescentes de entre 12 y 17 años frente al consumo de estupefacientes en la Ciudadela Barrio Lindo se erige como una prioridad tanto para la comunidad como para las autoridades locales. La realidad urbana de Barrio Lindo presenta múltiples desafíos, incluyendo la accesibilidad a sustancias ilícitas y la falta de recursos educativos adecuados. Esto incrementa la vulnerabilidad de los jóvenes frente al uso de drogas, repercutiendo negativamente en su desarrollo saludable [7,32]. Por lo tanto, es esencial salvaguardar su integridad física y emocional, garantizando un entorno que promueva el bienestar y la toma de decisiones informadas.

La implementación de estrategias y programas efectivos para prevenir el acceso y consumo de estupefacientes es crucial. Se considera fundamental la colaboración entre la comunidad, las instituciones educativas y las autoridades locales, ya que estos actores son pilares esenciales en la creación de un futuro libre de adicciones para la juventud de Barrio Lindo.

La falta de medidas preventivas y de intervenciones dirigidas a este grupo demográfico resalta la necesidad de un enfoque integral, que contemple la accesibilidad a recursos de apoyo y una intervención coordinada. En consecuencia, este planteamiento del problema destaca la importancia de acciones concretas que fortalezcan la salud y el bienestar de los adolescentes, facilitando la creación de oportunidades que contrarresten los factores que contribuyen al consumo de estupefacientes. De este modo, se busca construir un entorno en el que los jóvenes puedan tomar decisiones informadas y saludables, asegurando su desarrollo integral y calidad de vida.

En este contexto, el objetivo de la presente investigación es implementar un Mapa Cognitivo Neutrosófico para la evaluación de la debida protección de los adolescentes ante el consumo de estupefacientes.

2 Materiales y métodos

Los problemas presentes en adolescentes que consumen estupefacientes, pueden ser modelado como un problema de toma de decisiones multicriterio a partir del:

Conjunto de adolescentes que representan las alternativas a analizar en el proceso evaluación en el que:

El número de adolescentes $P= \{P_1, \dots P_n\},\ n \geq 1$, que poseen manifestaciones de adicción, las cuales representan los múltiples criterios valorativos donde:

$C= \{C_1, \dots C_m\},\ m \geq 2.$

La investigación ha sido desarrollada utilizando un enfoque cualitativo a partir del uso del método científico [8]. Se enmarca en el objeto de estudio la evaluación de la debida protección de los adolescentes ante el consumo de estupefacientes. Utiliza técnicas de inteligencia artificial para la inferencia sobre el análisis de incidencias y basa su funcionamiento a partir del método científico del criterio de expertos para obtener la base de conocimiento necesaria en el desarrollo de la investigación. Para el desarrollo de la presente investigación se modeló las relaciones causales asociadas los criterios que caracterizan los casos de consumo de estupefacientes en adolescentes de entre 12 y 17 años de edad.

Modelos causales: existen diferentes tipos de causalidad que son expresadas en forma de grafos, donde cada modelo causal que se puede representar por un grafo son representaciones de la causalidad entre conceptos. Los modelos causales permiten modelar la causa o efecto de un determinado evento [9,33], [10] [11]. La Figura 1 muestra un esquema con las diferentes relaciones causales.

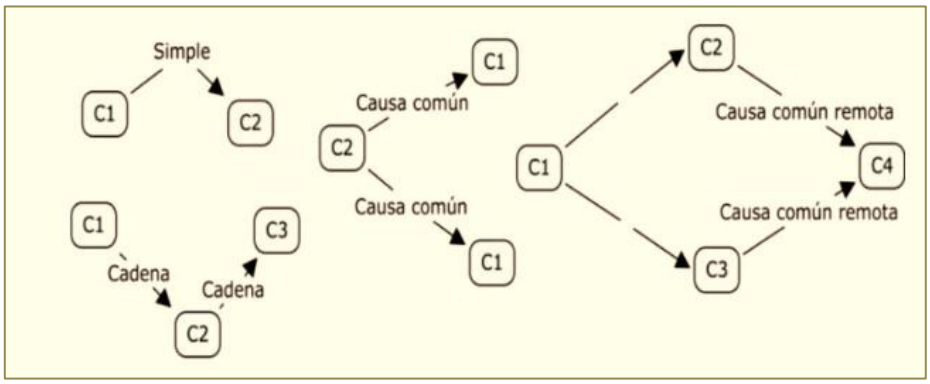


Figura 1: Ejemplo de grafos causales.

El Mapa Cognitivo Neutrosófico (MCN) es una técnica que permite la representación de las relaciones causales de diferentes conceptos propuesta por Kosko [12] como una extensión de los modelos mentales empleando valores difusos en un intervalo de [-1,1] [13], [14]. Los MCN se representan mediante modelos difusos con retroalimentación para representar causalidad [15, 16].

En el MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos [17]:

- $W_{ij} > 0$, indica una causalidad positiva entre los conceptos C_j y C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva al incremento (o disminución) en el valor de C_i.
- $W_{ij} < 0$, indica una causalidad negativa entre los conceptos C_j y C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva a la disminución (o incremento) en el valor de C_i.
- $W_{ij} = 0$, indica la no existencia de relaciones entre los conceptos C_j y C_i.

2.1 Método para la evaluación de la debida protección de los adolescentes ante el consumo de estupefacientes

El sistema propuesto está estructurado para soportar el proceso evaluación de la debida protección de los adolescentes ante el consumo de estupefacientes. Basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio multiexperto donde se modela el tratamiento, asistencia y protección otorgada a los adolescentes de entre 12 y 17 años de edad que consumen teste tipo de sustancias adictivas. Utiliza en su inferencia modelos causales como forma de representar el conocimiento a partir de la técnica de inteligencia artificial Mapa Cognitivo Neutrosófico. El método está diseñado mediante una arquitectura en tres capas para modelar el negocio propuesto: (1) entradas; (2) procesamiento; y (3) salidas [18-21].

1. Las entradas del sistema: representan el conjunto de casos de adolescentes a analizar, las relaciones causales que poseen las manifestaciones de adicción y consumo, y los expertos que intervienen en el sistema para establecer las relaciones causales.
2. El procesamiento del sistema: se realiza mediante el flujo de trabajo que conforman las cinco actividades del núcleo de inferencia para la evaluación de la debida protección de los adolescentes ante el consumo de estupefacientes.
3. Las salidas del sistema: representan los resultados del procesamiento donde se obtiene la evaluación de la debida protección de un caso específico de adolescentes que consume estupefacientes.

La etapa de procesamiento está conformado por cinco actividades: identificación de los criterios de evaluación; determinación de las relaciones causales; identificación de los pesos atribuidos a los criterios; identificación de las manifestaciones; y generación de la evaluación, que son descritas a continuación.

Actividad 1 identificación de los criterios de evaluación: La identificación de los criterios representa la actividad en la que se determinan el conjunto general de indicadores evaluativos que representan la base de inferencia. Se utiliza un enfoque multicriterio para analizar la base de casos, por lo que se identifican la mayor cantidad de criterios posibles.

Actividad 2 determinación de las relaciones causales: La determinación de las relaciones causales utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Garantiza la representación del conocimiento causal de los criterios evaluativos. La actividad consiste en extraer el conocimiento que poseen los expertos sobre los criterios evaluativos. Las relaciones causales son expresadas mediante un dominio de valores que expresan relaciones de implicación directas o inversas para lo cual se utiliza la escala tal como muestra la Tabla1. Esta actividad es muy importante ya que el conocimiento que poseen los expertos sobre los síntomas no está registrado en la base de casos analizada.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Durante la determinación de las relaciones causales se realiza un proceso de agregación donde se obtiene un arreglo denominado matriz de adyacencia que representa los valores asignados a los arcos [22, 23] de modo que:

$$M = \begin{bmatrix} \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & W_{ij} & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \end{bmatrix}$$

La matriz de adyacencia $M = M(C_i C_j)$ representa el valor causal de la función del arco, el nodo C_i que es imparte C_j. C_i incrementa causalmente a C_j si $M_{ij} = -1$, y no imparte caulsalmente sí $M_{ij} = 0$.

Actividad 3 identificación de los pesos atribuidos a los criterios: a partir de la obtención en la actividad 2 de la matriz de adyacencia, los valores agregados emitidos por los expertos agrupados, conforman las relaciones con los pesos de los nodos, a través del cual es generado el Mapa Cognitivo Neutrosófico resultante. Mediante un análisis estático del resultado de los valores obtenidos en la matriz de adyacencia se puede calcular el grado de salida utilizándose la ecuación (1) donde se obtienen los pesos atribuidos a cada manifestación [24-26].

$$id_i = \sum_{i=1}^{n} \left\| I_{ji} \right\| \tag{1}$$

Actividad 4 identificación de las manifestaciones: la identificación de las manifestaciones es la actividad que consiste en determinar cuáles criterios están presentes en las alternativas analizadas. Para ello se entrevistan a las alternativas y/o familiares, y se determina el grado de preferencia que poseen los criterios a partir de la auto-valoración que emiten [27]. La Tabla 2 muestra el dominio de valores con sus etiquetas lingüísticas utilizados para expresar las preferencias sobre las manifestaciones de adicción y consumo de estupefacientes.

Tabla 2: Dominio de valores para expresar preferencias.

Valor	Impacto
[0,1,1]	Ausencia del criterio (AC)
[0.20,0.85,0.80]	Ligera presencia del criterio (LP)
[0.50,0.50,0.50]	Baja presencia del criterio (BP)
[0.70,0.25,0.30]	Presencia del criterio (PS)
[1,0,0]	Alta presencia del criterio (AP)

Actividad 5 generación de la evaluación: el proceso de evaluación se basa en la simulación del escenario propuesto por Glykas [28], los nuevos valores de los conceptos expresan la influencia de los conceptos interconectados al concepto específico y se calculan mediante la ecuación (2):

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1; j \neq i}^{n} A_i^{(K)} * W_{ji} \right) \tag{2}$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji}: es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y f (x) es la función de activación [29, 34].

3 Resultados y discusión

La presente sección se realiza una descripción de la implementación del método para la evaluación de la debida protección de los adolescentes ante el consumo de estupefacientes, mediante Mapa Cognitivo Neutrosófico. La investigación de desarrolló en la Ciudadela Barrio Lindo durante el año 2023. A continuación se describen los resultados del estudio:

Actividad 1 identificación de los criterios evaluativos:

Para determinar los criterios se utilizó el criterio de experto. Se convocó un panel de expertos compuesto por profesionales versados en diversas disciplinas. Este panel incluyó psicólogos, trabajadores sociales, educadores y especialistas en salud pública, quienes aportaron una amplia gama de perspectivas y conocimientos. Su experiencia colectiva permitió abordar la complejidad del fenómeno del consumo de estupefacientes en adolescentes, considerando tanto el contexto social como las dinámicas individuales que influyen en el comportamiento de esta población. La colaboración multidisciplinaria fue fundamental para establecer un marco de evaluación sólido que reflejara las realidades y necesidades específicas de los adolescentes en la Ciudadela Barrio Lindo. A partir del consenso de expertos se pudo llegar a las siguientes conclusiones descritas en la tabla 3.

Tabla 3: Identificación de los criterios evaluativos.

Nodo	Criterios
C_1	Acceso a información educativa: Este criterio evalúa la disponibilidad y calidad de programas educativos que informen a los adolescentes sobre los riesgos del consumo de estupefacientes, su impacto en la salud y la importancia de tomar decisiones informadas.
C_2	Redes de apoyo familiar: Se considera la existencia y efectividad de redes de apoyo familiar que proporcionen un entorno seguro y de confianza para que los adolescentes puedan compartir sus preocupaciones y experiencias relacionadas con el consumo de sustancias.
C_3	Intervenciones comunitarias: Este criterio mide la implementación y alcance de programas comunitarios que fomenten hábitos saludables y promuevan el rechazo al consumo de estupefacientes, involucrando tanto a jóvenes como a sus familias.
C_4	Acceso a servicios de salud mental: Se evalúa la disponibilidad y efectividad de servicios de salud mental que ofrezcan apoyo psicológico y emocional a los adolescentes, así como tratamientos para aquellos que puedan estar lidiando con el consumo de estupefacientes.
C_5	Participación en actividades recreativas: Este criterio analiza la accesibilidad y variedad de actividades recreativas y culturales disponibles para los adolescentes, las cuales pueden servir como alternativas positivas al consumo de estupefacientes y fomentar un sentido de pertenencia y desarrollo personal.

Actividad 2 determinación de las relaciones causales:

La determinación de las relaciones causales entre los criterios se utiliza en la escala propuesta en la Tabla 1, donde participaron 5 expertos, se obtuvieron los 5 Mapas Cognitivos Neutrosóficos agregando las respuestas en un único resultado. La Tabla 4 muestra la matriz de adyacencia obtenida como resultado del proceso.

Tabla 4: Matriz de adyacencia resultante

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	[0, 0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_2	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_3	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0, 0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C_4	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0, 0,0]	[1,0,0]
C_5	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]

Actividad 3 identificaciones de los pesos atribuidos a los criterios:

Para la identificación de los pesos se tiene en cuenta la base de conocimiento almacenada en la matriz de

adyacencia de la Tabla 4, aplicando la función (1), se obtiene el comportamiento del peso atribuido a las manifestaciones. La Tabla 5 muestra los pesos resultantes.

Tabla 5: Peso atribuido a las incidencias

ID	Criterios	Peso
C_1	Acceso a información educativa	[0.86, 0.5,0.25]
C_2	Redes de apoyo familiar	[0.82, 0.5,0.25]
C_3	Intervenciones comunitarias	[0.86, 0.5,0.25]
C_4	Acceso a servicios de salud mental	[0.88, 0.5,0.25]
C_5	Participación en actividades recreativas	[0.92, 0.1, 0.1]

Actividad 4 identificación de las manifestaciones:

A partir de la entrevista al paciente se determinó el grado de preferencia que poseen los criterios mediante la autovaloración emitida. El estudio fue realizado en una alternativa que representa el paciente objeto de estudio. La Tabla 6 muestra los valores resultantes.

Tabla 6: Preferencia atribuida a las manifestaciones del paciente

Adolescente	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	[0.75, 0.5,0.25]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.50,0.50,0.50]	[0.50,0.50,0.50]

Actividad 5 generación de la evaluación:

A partir del proceso de simulación de escenario, se obtuvieron las predicciones de los comportamientos en el tiempo de los criterios mediante el empleo de la ecuación (2). La predicción modela las relaciones de causalidad de las manifestaciones y prevé la evolución de ellos en los casos analizados. La Figura 2 muestra el resultado de la simulación donde se muestran las manifestaciones y su evolución.

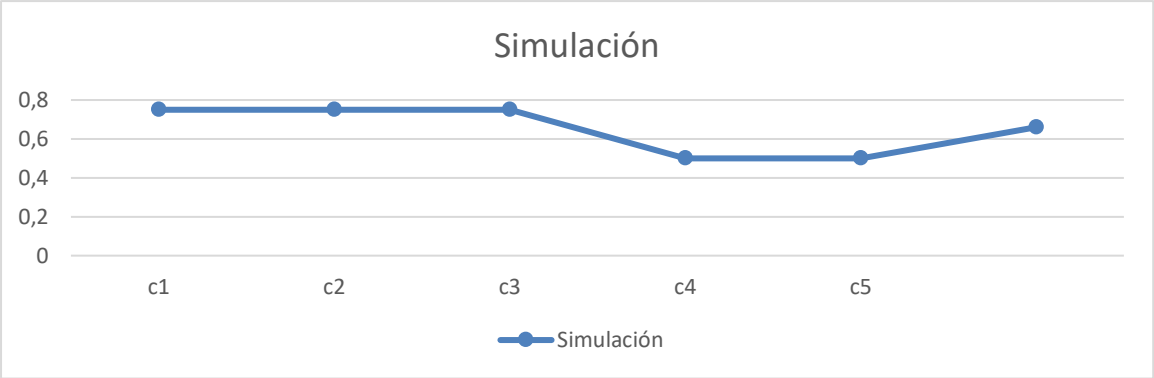


Figura 2: Resultado de la simulación de las manifestaciones.

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas y el desarrollo de las manifestaciones se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia de la debida protección de los adolescentes. La Tabla 7 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 7: Peso atribuido a las manifestaciones

Adolescente A_1	Pesos	Preferencias	Agregación
C_1	[0.86, 0.5,0.25]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.80, 0.5,0.25]
C_2	[0.82, 0.5,0.25]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.75, 0.5,0.25]
C_3	[0.86, 0.5,0.25]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.80, 0.5,0.25]
C_4	[0.88, 0.5,0.25]	[0.50,0.50,0.50]	[0.63, 0.1, 0.1]
C_5	[0.92, 0.1, 0.1]	[0.50,0.50,0.50]	[0.67, 0.1, 0.1]
Índice			[0.75, 0.5,0.25]

A partir del índice determinado, se realiza una comparación del valor obtenido donde se evidencia una evaluación general de un I= 0.75, para el caso analizado representa una evaluación media de la debida protección de los

adolescentes ante el consumo de estupefacientes.

4 Análisis de los resultados

La implementación del Mapa Cognitivo Neutrosófico para evaluar la debida protección de los adolescentes ante el consumo de estupefacientes en la Ciudadela Barrio Lindo ha permitido realizar un análisis exhaustivo del estado actual de esta problemática. Los resultados generales de la investigación indican una evaluación media de protección, reflejada en un índice de 0.67. Este nivel sugiere que los adolescentes se encuentran en una situación vulnerable, dado que el consumo de estupefacientes representa un desafío considerable que afecta su desarrollo integral. Entre los hallazgos más relevantes, se identificaron factores determinantes como la falta de oportunidades económicas y la presión social, los cuales impulsan a muchos jóvenes hacia el consumo de drogas.

Se observó que el entorno económico, caracterizado por la escasez de oportunidades laborales y la pobreza, genera un sentimiento de desesperanza entre los adolescentes, alentándolos a buscar refugio en las sustancias psicoactivas. Además, la influencia de pares se reveló como un factor crucial en la iniciación del consumo, ya que el deseo de aceptación y pertenencia a grupos sociales a menudo lleva a los jóvenes a experimentar con estupefacientes. La facilidad de acceso a estas sustancias, a través de vendedores locales y compañeros de escuela, agrava la situación, aumentando el riesgo de consumo en la comunidad. [37,38]

Los adolescentes que consumen estupefacientes reportaron problemas significativos en su salud física y mental, incluyendo trastornos de concentración, bajo rendimiento académico, insomnio y síntomas de ansiedad y depresión. Estos problemas no solo impactan su bienestar inmediato, sino que también pueden tener consecuencias duraderas en su desarrollo [30,36]. Además, se detectó un alto nivel de desinformación acerca de los riesgos asociados al consumo de drogas, subrayando la urgencia de implementar programas educativos y campañas de sensibilización [31,35]. En definitiva, los resultados de esta investigación evidencian la complejidad del fenómeno del consumo de estupefacientes y la necesidad de adoptar enfoques multifacéticos que aborden tanto los factores socioeconómicos como la presión social, promoviendo redes de apoyo y oportunidades educativas para garantizar un entorno más seguro y saludable para los adolescentes.

5 Conclusión

A partir del desarrollo de la investigación propuesta, se obtuvo un método para la evaluación de la debida protección de los adolescentes ante el consumo de estupefacientes, basado en un enfoque multicriterio multiexperto. La implementación del sistema propuesto, posibilitó la obtención del Mapa Cognitivos Neutrosófico agregado con la representación de las relaciones causales sobre los criterios que determinan la evaluación de la debida protección de los adolescentes que consumen estupefacientes. A partir de la aplicación del método propuesto se determinó una evaluación media, lo que evidencia que aún es insuficiente la protección de estos casos.

El consumo de estupefacientes vulnera muchos derechos de los adolescentes, afectando su desarrollo integral de manera significativa. Para abordar este problema, es crucial mejorar la situación económica de las familias, ya que la estabilidad financiera y las oportunidades laborales pueden reducir la propensión de los jóvenes a recurrir a las drogas como escape. Además, es fundamental implementar programas de prevención y educación que informen a los adolescentes sobre los riesgos asociados al consumo de estupefacientes y les proporcionen habilidades para resistir la presión social. El Estado tiene un rol indispensable en este proceso, debiendo fortalecer los mecanismos de protección y garantizar un entorno seguro que promueva el desarrollo saludable de los adolescentes. Esto incluye la creación de políticas públicas efectivas, el apoyo a las comunidades locales, y la colaboración con organizaciones no gubernamentales y otros actores sociales. Solo a través de un enfoque integral y coordinado se podrá mitigar el impacto negativo del consumo de estupefacientes y asegurar que los adolescentes puedan crecer en un entorno seguro y propicio para su desarrollo integral.

Referencias

[1] A. M. Nawi, R. Ismail, F. Ibrahim, M. R. Hassan, M. R. A. Manaf, N. Amit, N. Ibrahim, and N. S. Shafurdin, "Risk and protective factors of drug abuse among adolescents: a systematic review," *BMC public health,* vol. 21, pp. 1-15, 2021.

[2] J. S. M. Gallo, and D. C. G. Ramo, "Imagen corporal y su relación con el consumo de alcohol en adolescentes," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 4, pp. 150-162, 2024.

[3] S. Wilson, and N. M. Dumornay, "Rising rates of adolescent depression in the United States: Challenges and opportunities in the 2020s," *Journal of Adolescent Health,* vol. 70, no. 3, pp. 354-355, 2022.

[4] M. S. Bates, and K. A. Trujillo, "Use and abuse of dissociative and psychedelic drugs in adolescence," *Pharmacology Biochemistry and Behavior,* vol. 203, pp. 173129, 2021.

[5] C. R. W. Steve, B. B. J. Joel, B. M. A. Villacreses, and A. B. I. Terán, "Factores socioeconómicos que influyen en el consumo adictivo de sustancias estupefacientes relacionados a adolescentes del Cantón Jipijapa," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 6, pp. 31-47, 2023.

[6] D. Sarvey, and J. W. Welsh, "Adolescent substance use: Challenges and opportunities related to COVID-19," *Journal of Substance Abuse Treatment,* vol. 122, pp. 108212, 2021.
[7] P. M. F. Ayón, S. S. B. García, P. M. F. Ayón, and F. G. M. Macías, "Análisis de las políticas sobre el consumo de drogas en el mundo y Ecuador," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 1, pp. 32-50, 2024.
[8] R. Sampieri, C. F. Collado., and P. B. lucio, "Metodología de la investigación," *México* vol. ISBN: 970-10-5753-8, 2006.
[9] C. Goodier, S. Austin, and R. Soetanto, "Causal mapping and scenario building with multiple organizations," *Futures,* vol. 42, no. 3, pp. 219-229, 2010.
[10] C. Strauch, U.-L. S. Sites, and W. Kriha, "NoSQL databases," *Lecture Notes, Stuttgart Media University,* vol. 20, 2011.
[11] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.
[12] B. KOSKO, "Fuzzy cognitive maps," *International Journal of Man-Machine Studies,* vol. 24, no. 1, pp. 65-75, 1986.
[13] J. Salmeron, "Augmented fuzzy cognitive maps for modeling LMS critical success factors," *Knowledge-Based Systems,* vol. 22 no. 4, pp. 275-278, 2009.
[14] J. L. G. González, and O. Mar, "Algoritmo de clasificación genética para la generación de reglas de clasificación," *Serie Científica,* vol. 8, no. 1, 2015.
[15] M. Glykas, and P. Groumpos, "Fuzzy Cognitive Maps: Basic Theories and Their Application to Complex Systems Fuzzy Cognitive Maps " *Springer Berlin / Heidelberg.*, pp. 1-22, 2010.
[16] Gonzalo Nápoles, Elpiniki Papageorgiou, Rafael Bello, and K. Vanhoof, "Learning and convergence of fuzzy cognitive maps used in pattern recognition," *Neural Processing Letters,* vol. 45, no. 2, pp. 431-444, 2017.
[17] Gonzalo Nápoles, Maikel Leon Espinosa, Isel Grau, Koen Vanhoof, and R. Bello, *Fuzzy Cognitive Maps Based Models for Pattern Classification: Advances and Challenges*, p.^pp. 83-98, Soft Computing Based Optimization and Decision Models, 2018.
[18] A. Rodríguez, V. F. R. Castro, A. D. C. R. Gonzalez, N. A. C. Baque, and J. C. P. Tarragó, "Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en técnicas de minería de procesos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 7, pp. 136-155, 2021.
[19] A. Rodríguez, A. D. C. R. Gonzalez, J. C. P. Tarragó, and D. L. D. Gálvez, "Implementación de algoritmos de Inteligencia Artificial en la predicción de nuevos conocimientos mediante enseñanza constructivista," *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 3, pp. 131-141, 2021.
[20] A. Rodríguez, H. B. D. Lucas, C. J. Á. Mero, R. J. L. Pisco, and F. I. G. Castro, "Método computacional de recomendación sobre la evaluación del aprendizaje bajo el paradigma constructivista," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 15, no. 1, pp. 178-187, 2022.
[21] A. Rodríguez, J. C. P. Tarragó, D. L. D. Gálvez, and R. L. Pisco, "Modelo de formación constructivista en el proceso Enseñanza-Aprendizaje virtual," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 13, no. 11, pp. 175-184, 2020.
[22] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.
[23] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.
[24] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.
[25] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.
[26] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.
[27] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.
[28] Author ed.^eds., "Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications," *Secaucus, NJ, USA*: Springer Verlag, 2010, p.^pp. Pages.
[29] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.
[30] R. A. L. Poaquiza, and F. R. G. Manzano, "Inteligencia emocional y autoeficacia en adolescentes," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 5, pp. 166-177, 2024.
[31] V. S. F. Vélez, Z. I. R. Fuentes, and A. M. M. Zavala, "Consumo de sustancias psicoactivas en adolescentes de la comuna Sancán," *Revista Científica de Salud BIOSANA,* vol. 5, no. 1, pp. 313-325, 2025.
[32] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.
[33] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[34] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. “Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra”. Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[35] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. “Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador”. Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[36] von Feigenblatt, O. F. “Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies”, pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[37] von Feigenblatt, O. F. “Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth”. Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[38] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. “El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura”. In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero12, 2025. Aceptado: marzo03, 2025

NCML Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025

University of New Mexico

Analysis of The Distribution and Impact of Scholarships in the Higher education of Ecuador.

Análisis de la Distribución e Impacto de las Becas en la Educación Superior de Ecuador.

Iván Patricio Montaleza Quizhpe [1,2] and Franklin Parrales-Bravo [3,4]

[1] Bolivarian University of Ecuador, Durán, Guayas, Ecuador, ipmontalezaq@ube.edu.ec
[2] Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Loja, Ecuador; ipmontaleza@utpl.edu.ec
[3] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas, Ecuador.
[4] Universidad de Guayaquil, Guayas, Ecuador.

Abstract. This analysis examines the distribution and influence of the scholarships in the higher education in Ecuador during the period 2020-2024, using a publicly accessible database. Its main objective was to analyze how the scholarships were assigned based on various factors: level of training (postgraduate, undergraduate, technical/technological), geographic location (province), gender, ethnicity and disability status of the beneficiaries. methodology The data collection process was rigorous and transparent. Orange software was used for the collection and treatment previous of the data, and Power BI for the representation visual of the results. The statistical analysis was descriptive, including frequencies and percentages, as well as the creation of various graphs to represent the results. The findings show a pronounced trend towards an increase in the total number of scholarship recipients in the years following 2020, with a main emphasis on scholarships for third-level Higher Technical and Higher Technological courses. The geographical location of the scholarship recipients reveals notable concentrations in the province of Guayas, despite differences by sex and ethnicity. Additionally, a prevalence of scholarship recipients with physical disabilities is detected, followed by visual disabilities and then visual disabilities.

Keywords: scholarships; education superior; Ecuador; disability; ethnicity; inclusion.

Resumen. Este análisis examina la distribución e influencia de las becas en la educación superior en Ecuador durante el período 2020-2024, utilizando una base de datos de acceso público. Su principal objetivo fue analizar cómo se asignaron las becas en función de varios factores: nivel de formación (posgrado, pregrado, técnico/tecnológico), ubicación geográfica (provincia), género, etnia y condición de discapacidad de los beneficiarios. metodología El proceso de recolección de datos fue riguroso y transparente. Se utilizó el software Orange para la recogida y tratamiento previo de los datos, y Power BI para la representación visual de los resultados. El análisis estadístico fue descriptivo, incluyendo frecuencias y porcentajes, así como la creación de diversos gráficos para representar los resultados. Los resultados muestran una marcada tendencia al aumento del número total de becarios en los años posteriores a 2020, destacando principalmente las becas para estudios de Técnico Superior de tercer nivel y Tecnológico Superior. La ubicación geográfica de los becarios revela notables concentraciones en la provincia del Guayas, a pesar de las diferencias por sexo y etnia. Adicionalmente, se detecta una prevalencia de becarios con discapacidad física, seguido de discapacidad visual y luego discapacidad visual.

Palabras clave: becas; educación superior; Ecuador; discapacidad; etnia; inclusión.

1. Introduction

University education plays a crucial role in a nation's socioeconomic progress (UNESCO, 2019). Equitable access to it, promoted by scholarship programs, is essential to reduce inequalities and encourage social mobility (World Bank, 2020). In Ecuador, scholarship strategies aim to ensure that students from different backgrounds and with

varied financial needs can access and complete their university studies (SENESCYT, 2023) [1].

This analysis examines the distribution and influence of scholarships in university education in Ecuador, using information updated until December 2024 [2]. The analysis is carried out using data analysis and visualization tools, pursuing a rigorous and clear method. The main purpose is to detail the allocation of scholarships according to the level of education, geographic location (province), gender, ethnicity, and disability status of the beneficiaries [3].

The implementation of scholarship programs in Ecuador has undergone significant evolution since the educational reforms initiated in 2008 with the new Constitution, which established the gratuity of public higher education. This transformation has gone through various stages of institutional development, modifying its selection criteria, allocated amounts, and target populations. The study of these dynamics is fundamental to understanding how public educational policies have responded to the changing needs of Ecuadorian society and the national development objectives established in successive government plans, particularly in relation to the reduction of socioeconomic gaps and the promotion of talents in strategic areas for the country.

Additionally, the Latin American context offers a relevant comparative framework for this analysis, considering that the region has faced similar challenges in terms of equitable access to higher education. The experiences of countries such as Chile, Brazil, and Colombia with their respective scholarship systems provide valuable reference points for evaluating the effectiveness of the Ecuadorian model. Particularly important is analyzing how scholarship policies have managed or failed to counteract the effects of historical structural inequalities, especially those related to ethnic-racial, geographic, and socioeconomic factors. This comparative analysis allows the identification of good practices and opportunities for improvement in the implementation of scholarship programs, thus contributing to the design of more effective and contextualized policies for the Ecuadorian environment.

2. Materials and Methods

For this study HE used the "Base of data of scholarships updated December 2024" downloaded of the Open data website of the Government of Ecuador (Government of Ecuador, 2024) (https://www.datosabiertos.gob.ec/) [4]. The base of data contained information detailed about the interns in the period 2020-2024, including:

Education level: Postgraduate, undergraduate, technical/technological. Distribution by year: 2020, 2021, 2022, 2023, 2024.

Distribution by province: Data of all the interns by province. Gender: Female and male.

Disability: Auditory, physics, intellectual, language, psychological, psychosocial and visual. Ethnicity: Afro-descendant , white, indigenous, mestizo, montubio, mulatto and No registered.

2.1. Harvest and Preprocessing of Data

The base of data in format CSV was collected and preprocessed using the tool of mining from **Orange** open source data (**Demsar et al., 2013)** . Orange allowed:

The import and the cleaning of the data.

The transformation of variables for ease he analysis. Handling missing values.

The selection of the variables of interest for he study.

2.2. Display of Results

For the display and analysis exploratory of the results HE used **Power BI (Microsoft, 2024).** This business intelligence tool allowed us to create:

Tables and graphics interactive.

Views that facilitated the ID of patterns and tendencies in the data.

2.3. Statistical Analysis

HE performed a analysis descriptive of the data for grasp the distribution of the scholarships. This analysis included:

Frequencies and percentages: For he level of training, the distribution annual, the distribution by province, by gender, type of disability and ethnicity.

Views: HE They used graphics of bars, graphics of cake and tables for represent the key trends and patterns

observed in the data generated by Power BI.

3. Results

The results allow us to determine a notable increase in the total number of scholarship holders from 2020, reaching a total of 18,376 interns for the period 2020-2024. Besides, the level technical/technological It was the one that concentrated the largest number of scholarships (13,209), followed by the postgraduate (3,039) and undergraduate (2,128) levels. Likewise, in 2023 the highest number of scholarship recipients was recorded, especially at the technical/technological level. This can be seen in Table 1.

Table 1 – Total of interns by year and by level of training

LEVEL OF EDUCATION	2020	2021	2022	2023	2024	TOTAL
POSTGRADUATE	0	49	1155	1835	0	3039
UNDERGRADUATE	1	49	689	1389	0	2128
TECHNICAL / TECHNOLOGICAL	259	1	1240	9562	2147	13209
TOTAL	260	99	3084	12786	2147	18376

The results found in the distribution of scholarships by province and by gender determined that the province of Guayas had the highest number of scholarship recipients (5,822), followed by Pichincha (1,496) and Los Ríos (1,015). Level gender, a greater was observed proportion of female compared to male interns (11,150 women vs. 6,676 men). These differences are not are uniform across all provinces. Figure 1 shows the distribution of scholarships by province, broken down by gender.

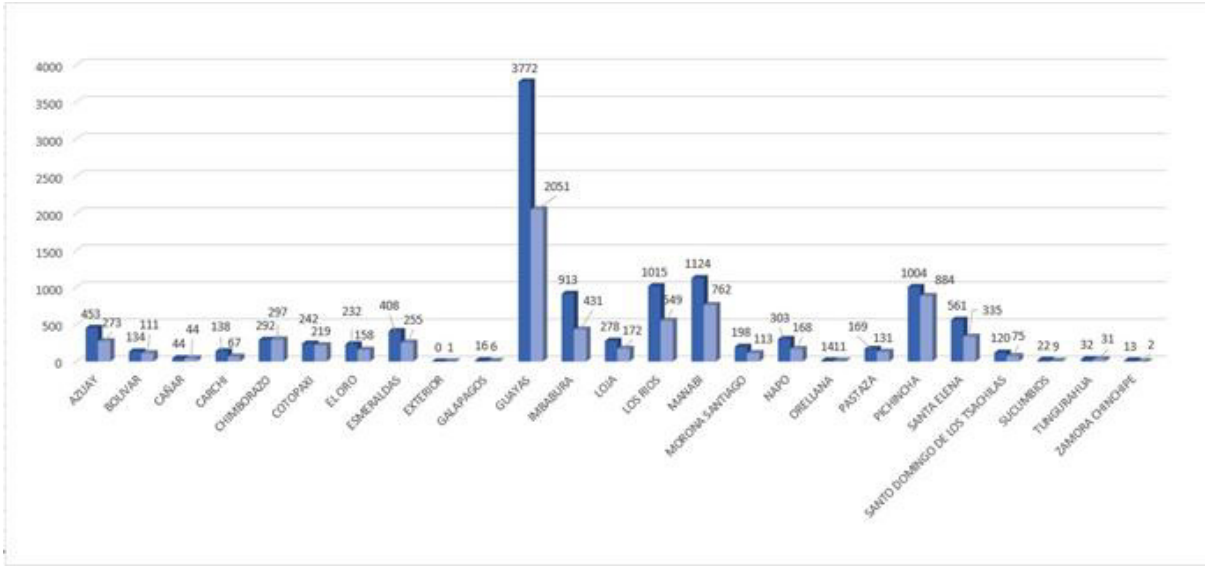


Figure 1 – Distribution of scholarships by province, broken down by gender.

Scholarship holders with physical disabilities represent 41% of the total, followed by visual disabilities (21%) and auditory (16%). The disabilities: intellectual, of the language, psychological and psychosocial represent proportions minors. He detail of all the interns with disabilities is shown in Figure 2.

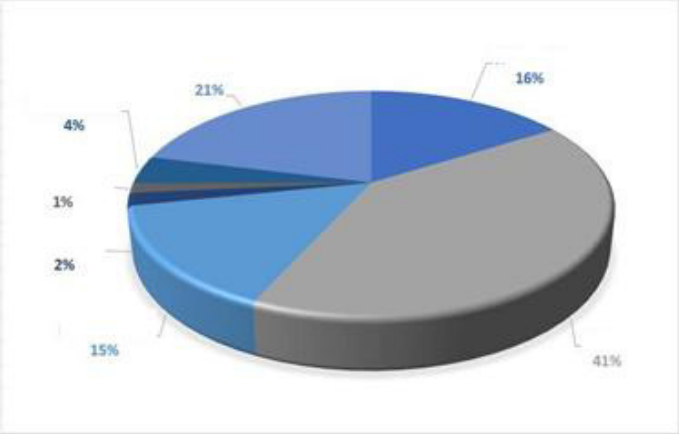


Figure 2 – Total of interns with disability.

According to the groups ethnic, he 77% of the Fellows identify themselves as mestizos, he 9% of the Scholarship recipients are indigenous, 8% Montubio and 4% Afro-descendants . The remaining 1% are divided between mulattoes and whites. Figure 3 shows the percentage of scholarship recipients by ethnicity.

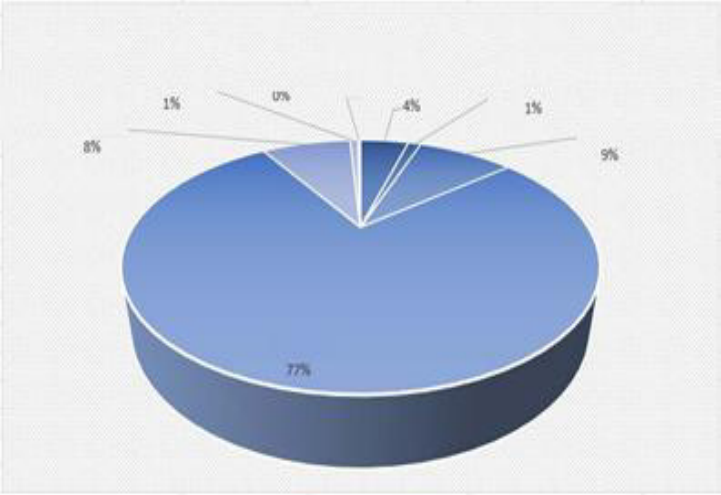


Figure 3 – Percentage of interns by ethnicity.

3.1. Validation of the Method Used in the Research: Evaluation of Orange Data Mining and Power BI Using a Neutrosophic Multicriteria Analysis

Orange Data Mining and **Power BI** is validated as the main methods for analyzing data on scholarships in Ecuador, using the **Scholarship Database updated December 2024** obtained from the open data website of the Government of Ecuador (https://www.datosabiertos.gob.ec/) [12-15]. To do this, a **neutrosophic multicriteria analysis** is applied , which allows evaluating the robustness, precision and applicability of these tools in handling data with uncertainty and imprecision. Next, the validation of the method is presented, highlighting its use and effectiveness in the research context.

1. **Justification for the Use of Orange Data Mining, Power BI and Neutrosophic Analysis**

   a. **Orange Data Mining and Power BI as Main Tools:**

   - **Orange Data Mining** is a data analysis and visualization platform that allows you to build workflows for data processing, analysis and visualization. Its graphical interface and its ability to integrate data mining, machine learning and visualization techniques make it an ideal tool for quantitative and descriptive research.
   - **Power BI** is a business intelligence tool that allows you to create interactive visualizations and advanced analysis. Its ability to integrate with multiple data sources and generate dynamic reports makes it easy to identify patterns and trends.
   - In this study, Orange Data Mining is used for preprocessing and initial analysis of the data, while Power BI is used for visualization and exploratory analysis of the results.
   - **Neutrosophic Multicriteria Analysis[16-19] :**
   - Since scholarship data may present uncertainty (for example, in the distribution by province or in the categorization of disabilities), a neutrosophic analysis is applied to evaluate the capacity of these tools in managing this uncertainty.
   - Neutrosophic logic allows the incorporation of degrees of truth, falsehood and indeterminacy, which reinforces the evaluation of tools in complex contexts.

2. **Data Generation and Application of Orange Data Mining and Power BI**

   a. **Data Used:**

   - **Scholarship Database updated December 2024** is used, which contains detailed information on scholarship recipients in the period 2020-2024, including:
   - Education level: Postgraduate, undergraduate, technical/technological.
   - Distribution by year: 2020, 2021, 2022, 2023, 2024.
   - Distribution by province: Data on all scholarship holders by province.
   - Gender: Female and male.
   - Disability: Hearing, physical, intellectual, language, psychological, psychosocial and visual.
   - Ethnicity: Afro-descendant, white, indigenous, mestizo, montubio, mulatto and unregistered.

   b. **Processing with Orange Data Mining:**

   - **Preprocessing: Orange's** preprocessing module is used to clean the data, handle missing values, and normalize the variables.
   - **Descriptive Analysis:** Widgets such as " Distributions " and "Box Plot " are used to visualize the distribution of scholarship recipients by training level, year, province, gender, disability and ethnicity.
   - **Clustering:** Clustering techniques (e.g., k- means) are applied to identify groups of scholarship recipients with similar characteristics.
   - **Display:** Widgets such as " Scatter" are used Plot and Heatmap to visualize relationships between variables and patterns in the data.
   - **Visualization with Power BI:**
   - **Interactive Tables and Graphs:** Create interactive tables and graphs that make it easy to identify patterns and trends in your data.
   - **Visualizations:** Bar charts, pie charts, and tables are used to represent key trends and patterns observed in the data.

c. Transformation of Data to Neutrosophic Intervals:

- To assess uncertainty in the data, the results obtained with Orange Data Mining and Power BI are transformed into neutrosophic intervals. For example:
- **Distribution by Level of Education:** Between 30% and 35% of scholarship recipients have a 70% chance of being at the undergraduate level, with 15% of uncertainty.
- **Distribution by Province:** Pichincha has between 25% and 30% of the scholarship holders, with a degree of truth of 75%, a degree of falsity of 15% and a degree of indeterminacy of 10%.

3. Neutrosophic Multicriteria Evaluation of Orange Data Mining and Power BI

a. Criteria Evaluated:

- **Criterion 1:** Accuracy in data analysis.
- **Criterion 2:** Ability to manage uncertainty.
- **Criterion 3:** Ease of use and interpretation of results.
- **Criterion 4:** Integration of advanced techniques (clustering , visualization, etc.).
- **Criterion 5:** Applicability in real contexts.

b. Neutrosophic Weights:

- **Criterion 1:** Weight [0.4; 0.5] (high importance).
- **Criterion 2:** Weight [0.3; 0.4] (medium-high importance).
- **Criterion 3:** Weight [0.2; 0.3] (medium importance).
- **Criterion 4:** Weight [0.1; 0.2] (low importance).
- **Criterion 5:** Weight [0.1; 0.2] (low importance).

c. Neutrosophic Scores:

- **Data Analysis Accuracy:** [0.85; 0.90] (high accuracy).
- **Ability to Manage Uncertainty:** [0.75; 0.80] (good ability).
- **Ease of Use and Interpretation of Results:** [0.90; 0.95] (very easy to use).
- **Integration of Advanced Techniques:** [0.80; 0.85] (good integration).
- **Applicability in Real Contexts:** [0.85; 0.90] (high applicability).

4. Validation of the Use of Orange Data Mining and Power BI

a. Robustness in the Face of Uncertainty:

- Orange Data Mining and Power BI demonstrate a good ability to handle uncertainty in data, especially when complemented by neutrosophic analysis. This reinforces their validity in contexts where data is imprecise or incomplete.

b. Consistency with the Study Objectives:

- The results obtained with Orange Data Mining and Power BI are consistent with the objectives of the study, as they allow patterns to be identified, data to be visualized and informed decisions to be made.

c. Comparison with Other Tools:

- Unlike other data analysis tools, Orange Data Mining and Power BI offer an intuitive graphical interface and a wide range of integrated techniques, making them easy to use in quantitative and descriptive research.

5. Discussion and Conclusions

a. Method Validation:

- Neutrosophic multicriteria analysis validates the use of Orange Data Mining and Power BI as primary methods in research, demonstrating their robustness, accuracy and applicability in handling complex data.

b. Contribution to the Field:

- The application of Orange Data Mining and Power BI in the context of scholarships is a significant contribution to the field, as it allows large volumes of data to be analyzed efficiently and effectively.

c. Recommendations for Future Research:

- Mining and Power BI are recommended for future research into complex social issues where data is often subject to inaccuracies and ambiguities.

Validating the use of Orange Data Mining and Power BI through a neutrosophic multi-criteria analysis demonstrates their robustness and applicability in contexts where data are uncertain and complex. These tools not only facilitate data analysis and visualization, but also enable informed and robust decisions to be made on complex social issues, such as the distribution of scholarships. Their use in future research could significantly improve the understanding and management of similar issues in other geographical or social contexts.

4. Discussion

The results show a significant effort on the part of the Ecuadorian educational system to Expand access to higher education through scholarships. The marked increase in the total number of scholarship recipients between 2020 and 2024, especially in technical and technological careers, suggests a policy aimed at meeting the needs of technical and highly specialized professionals (OECD, 2022). However, the fact that scholarships for technical and technological careers are much higher than those for postgraduate and undergraduate studies can indicate a need of revision for create a balance that allow he development of all educational levels (Tedesco , 2015).

The concentration of scholarship holders in the province of Guayas could be attributed to its high population density. Although there are already important educational institutions, it is important to consider the implications for equity in the distribution of opportunities between provinces (Bourdieu, 1986). The gender disparity found in the overall number of scholarship recipients, with a higher proportion of women, suggests that current scholarship policies are having a positive impact on gender equality (UN Women, 2020). However, this panorama must be studied in each region to ensure that equity is met in a homogeneous manner. The high prevalence of scholarship recipients with physical, visual and hearing disabilities is an indicator that the scholarship program is having a positive impact on inclusion (UNESCO, 2021). However, the lower proportions in other types of disability must be analyzed to identify barriers that may be limiting the access to these students. Finally, the overrepresentation of the ethnicity The fact that the mixed race among scholarship recipients indicates that an in-depth study is needed on the factors that could be limiting access to scholarships for other ethnic groups (De Sousa Santos, 2009).

5. Conclusions

This study provides a detailed overview of the distribution of scholarships in higher education in Ecuador in the period 2020-2024, evidencing both progress and inequalities in access to these benefits. The main findings show a significant increase in the total number of scholarship recipients, with special emphasis on the technical/technological level. Likewise, a concentration of scholarship recipients is observed in the province of Guayas, although with notable differences in terms of gender and ethnicity in various regions of the country. Another relevant aspect is the prevalence of scholarship recipients with physical, visual and hearing disabilities, as well as the predominance of scholarship recipients of mixed ethnicity. These results highlight the need for additional research to identify the underlying causes of these disparities. Only through in-depth analysis will it be possible to design strategies that promote a more equitable distribution of scholarships in terms of geography, ethnicity and inclusion of people with disabilities. In this context, the use of tools such as Orange and Power BI has proven to be effective in collecting, preprocessing, and analyzing data, facilitating the generation of knowledge for the formulation of more inclusive and equitable educational policies in Ecuador. From a neutrosophic perspective, this research can be enriched by incorporating neutrosophic logic in the analysis of the disparities found. Neutrosophic, as a theoretical framework developed by Florentin Smarandache, allows for the management of uncertainty, contradiction, and indeterminacy in the analysis of complex social phenomena. By applying neutrosophic methods, the factors that influence inequality in the distribution of scholarships can be modeled more accurately, considering not only dichotomous values (presence/absence of inequality), but also degrees of indeterminacy in the allocation of educational resources. In addition, techniques such as neutrosophic decision making and fuzzy neutrosophic sets could contribute to evaluating multiple criteria in the formulation of scholarship allocation policies. This would allow for a better identification of hidden patterns in the data, integrating diverse perspectives and avoiding biases in the interpretation of information. The application of these methods in future research could improve equity in the distribution of scholarships, ensuring effective inclusion of underrepresented groups in Ecuadorian higher education. In conclusion, the findings of this study constitute a fundamental basis for future research aimed at improving equity in higher education. The integration of advanced analysis tools and innovative approaches such as neutrosophy will contribute to the construction of fairer and more effective public policies in the educational field.

6. References

[1] World Bank (2020), World Development Report 2018: Learning to Realize the Promise of Education. Washington, DC: World Bank.

[2] P. Bourdieu (1986), "The forms of capital," in Handbook of theory and research for the sociology of education, J. Richardson, Ed. Greenwood Press, pp. 241–258.

[3] B. De Sousa Santos (2009), Sociology of absences and sociology of emergencies: Towards an ecology of knowledge. Bogotá: Siglo XXI. of Man Editors.

[4] J. Demsar , T. Curk , A. Erjavec , C. Gorup , T. Hocevar , M. Milutinovic , and B. Zupan (2013), “Orange: data mining toolbox in Python,” Journal of Machine Learning Research, vol. 14, pp. 2349–2353.

[5] Government of Ecuador (2024), "Scholarship database updated December 2024," [Online]. Available: https://www.datosabiertos.gob.ec/.

[6] OECD (2022), OECD Education Reviews: Ecuador. Paris: OECD Publishing.

[7] UN Women (2020), Gender equality and women's empowerment in education. New York: United Nations.

[8] SENESCYT (2023), Management report 2022. Quito, Ecuador: SENESCYT.

[9] JC Tedesco (2015), Education and society: New challenges and old problems. Mexico City: Siglo XXI Editores.

[10] UNESCO (2019), Rethinking education: Towards a global common good?. Paris: UNESCO.

[11] UNESCO (2021), Inclusion in education: Global education monitoring report. Paris: UNESCO.

[12] F. Smarandache (2006), "Neutrosophic set - A generalization of the intuitionistic fuzzy set," in 2006 IEEE International Conference on Granular Computing, Atlanta, GA, USA, pp. 38–42.

[13] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman (2010), "Single valued neutrosophic sets," Multispace and Multistructure , vol. 4, pp. 410–413.
[14] J. Ye (2014), "A multicriteria decision-making method using aggregation operators for simplified neutrosophic sets," Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, vol. 26, no. 5, pp. 2459–2466.
[15] M. Abdel-Basset, M. Mohamed, and F. Smarandache (2018), "An extension of neutrosophic AHP–SWOT analysis for strategic planning and decision-making," Symmetry, vol. 10, no. 4, pp. 116.
[16] R. Şahin and A. Küçük (2014), "On similarity and entropy of neutrosophic soft sets," Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, vol. 27, no. 5, pp. 2417–2430.

Recibido: febrero12, 2025. Aceptado: marzo03, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales.

Neutrosophic multicriteria method for the evaluation of the admissibility of interim measures in arbitration proceedings.

Alex Santiago Páez Maldonado [1], Klever Israel Llerena Villares [2], Leonardo Mario Falconi Cardenas[3], and Fernando Daniel Lalaleo Camino [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Puyo. Ecuador. up.alexpm77@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Puyo. Ecuador. up.kleverlv26@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Puyo. Ecuador. up.leonardofc09@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Puyo. Ecuador. up.fernandolc05@uniandes.edu.ec

Resumen. El arbitraje se erige como una de las herramientas más efectivas para la resolución de disputas comerciales, pero su éxito depende de la ejecución oportuna de las decisiones arbitrales sin depender de los procedimientos judiciales ordinarios, los cuales pueden acarrear violaciones de derechos. Ante esta necesidad, resulta crucial establecer medidas preventivas que promuevan la justicia tanto en el ámbito arbitral como en el judicial. Aunque el arbitraje permite la adopción de medidas cautelares para resguardar derechos y garantizar seguridad jurídica, este proceso presenta particularidades que requieren atención en la evaluación de solicitudes de estas medidas, dado que difieren de las que se manejan en los tribunales. En este contexto, el objetivo de la investigación es desarrollar un método multicriterio neutrosófico para evaluar la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales del Distrito Metropolitano de Quito. Esta metodología permitirá un análisis exhaustivo de diversas situaciones que pueden surgir en la implementación de medidas cautelares, así como proporcionar directrices sobre cómo realizar estas solicitudes de manera adecuada. El documento subraya la importancia de adoptar enfoques preventivos que aseguren la eficacia de las decisiones arbitrales y minimicen la necesidad de recurrir a instancias judiciales, enfatizando la singularidad del proceso arbitral en la gestión de medidas cautelares.

Palabras Claves: Método multicriterio neutrosófico, procesos arbitrales, medidas cautelares, garantía, problema conceptual.

Abstract. Abstract. Arbitration is one of the most effective tools for resolving commercial disputes, but its success depends on the timely execution of arbitration decisions without depending on ordinary judicial procedures, which can lead to violations of rights. Given this need, it is crucial to establish preventive measures that promote justice in both the arbitration and judicial spheres. Although arbitration allows the adoption of precautionary measures to protect rights and guarantee legal certainty, this process presents particularities that require attention in the evaluation of requests for these measures, since they differ from those handled in courts. In this context, the objective of the research is to develop a multicriteria neutrosophic method to evaluate the admissibility of precautionary measures in arbitration proceedings in the Metropolitan District of Quito. This methodology will allow an exhaustive analysis of various situations that may arise in the implementation of precautionary measures, as well as provide guidelines on how to make these requests appropriately. The document underlines the importance of adopting preventive approaches that ensure the effectiveness of arbitration decisions and minimize the need to resort to judicial instances, emphasizing the uniqueness of the arbitration process in the management of precautionary measures.

Keywords: Neutrosophic multicriteria method, arbitration processes, precautionary measures, guarantee, conceptual problem.

1 Introducción

La Constitución del Ecuador establece que el acceso a la justicia es un derecho de todos los ciudadanos y debe basarse en los principios de pronta y rápida sumisión [1]. Estos principios y derechos no siempre son respetados,

debido a que el sistema judicial ecuatoriano se caracteriza por una amplia gama de problemas en materia de garantías y derechos civiles. Los procedimientos tradicionales en el país dentro de la Función Judicial han estado representados durante mucho tiempo por la desconfianza en la administración judicial del Ecuador [2]. A pesar de que el sistema judicial es responsable de proporcionar soluciones a los ciudadanos, se ha convertido en parte del problema. La falta de ética, transparencia, independencia, capacidad de investigación y voluntad para desempeñar su función adecuadamente son algunos de los factores que han contribuido a esta situación [3].

La percepción de la doctrina y la legislación sobre la capacidad de los árbitros para decidir e implementar medidas cautelares ha evolucionado considerablemente a lo largo del tiempo. Tradicionalmente, se sostenía que la autoridad para establecer medidas preventivas estaba reservada exclusivamente para los jueces estatales, considerando que esta facultad estaba intrínsecamente vinculada al poder imperial, lo que eliminaba cualquier obstáculo entre una resolución y su ejecución. Desde esta perspectiva, las leyes de arbitraje, como la Ley de Arbitraje Comercial de 1963 de Ecuador, a menudo omitía referencias a las garantías o negaban explícitamente a los árbitros la capacidad para adoptar medidas cautelares [4].

Sin embargo, en las últimas décadas, la posibilidad de que los árbitros apliquen medidas cautelares ha ganado terreno [5]. Existen dos argumentos clave que respaldan esta posición: primero, si son los árbitros quienes tienen la responsabilidad de resolver la disputa principal, son ellos quienes mejor comprenden la necesidad de tomar precauciones concretas; segundo, es vital distinguir entre la publicación y ejecución de medidas. El pensamiento dominante sostiene que los árbitros pueden dictar medidas cautelares, pero no ejecutorias, debido a la supuesta falta de autoridad en este ámbito [6].

La Ley de Arbitraje y Mediación (LAM) en Ecuador marca un avance significativo al facultar a los árbitros no solo para imponer medidas de protección, sino también para implementarlas y exigir el apoyo de funciones públicas sin depender de un juez estatal, siempre que exista acuerdo al respecto [7,26]. Esto implica que los árbitros en Ecuador pueden ejercitar una autoridad considerable para hacer cumplir medidas de protección previa autorización contractual. En el derecho comparado, la capacidad de los árbitros para adoptar medidas cautelares es vista como un fenómeno inusual, lo que resalta la singularidad de la legislación ecuatoriana en este aspecto.

La procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales del Distrito Metropolitano de Quito es un tema de gran relevancia para el ámbito jurídico y empresarial del país. El arbitraje es una herramienta cada vez más utilizada en la resolución de controversias comerciales debido a su rapidez, eficacia y especialización. Sin embargo, la eficacia de esta vía alternativa de solución de conflictos depende en gran medida de la posibilidad de garantizar la ejecución de los laudos arbitrales a través de la adopción de medidas cautelares.

En este sentido, resulta necesario profundizar en el estudio de la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales del Distrito Metropolitano de Quito, con el fin de determinar si el marco legal actual brinda las herramientas necesarias para garantizar una protección adecuada a los derechos de las partes involucradas en el proceso arbitral.

Además, se debe analizar la práctica arbitral en la jurisdicción de Quito, en cuanto a la adopción de medidas cautelares, a fin de identificar posibles obstáculos y problemas que puedan afectar su eficacia. Asimismo, se debe evaluar la jurisprudencia local y comparada en relación con las medidas cautelares en procesos arbitrales, con el fin de identificar buenas prácticas y establecer recomendaciones para mejorar la efectividad del sistema.

Por ello, el presente estudio tiene como objetivo desarrollar un método multicriterio neutrosófico para evaluar la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales del Distrito Metropolitano de Quito, con el fin de establecer recomendaciones para mejorar la eficacia del sistema y garantizar una protección adecuada a los derechos de las partes involucradas en el proceso arbitral.

2 Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales

La toma de decisiones es un proceso de selección entre cursos de alternativas, basado en un conjunto de criterios, para alcanzar uno o más objetivos [8]. Con respecto al concepto toma de decisiones, Schein, lo definió como el proceso de identificación de un problema u oportunidad y la selección de una alternativa de acción entre varias existentes, es una actividad diligente clave en todo tipo de organización [9,27].

Un proceso de toma de decisiones donde varían los objetos o decisiones, es considerado como un problema de toma de decisiones multicriterio [10, 11]. La evaluación multicriterio constituye una optimización con varias funciones objetivo simultaneas y un agente decisor. La ecuación 1 formaliza el problema planteado.

$$Max = F(x), x \in X \tag{1}$$

Donde:

x: es un vector $[x_1, , x_n]$ de las variables de decisión.

X: es la denominada región factible. Representa el dominio de valores posible que puede tomar la variable.

F(x): es un vector $[F_1 x, , F_n x]$ de las P funciones objetivos que recogen los criterios.

Max: representa la función a maximizar, esta no es restrictiva.

Específicamente los problemas multicriterio discretos constan básicamente de dos tipos de datos que constituyen el punto de partida para diferentes Problemas de Toma de Decisiones Multicriterio Discreto (DMD). El método

propuesto en la presente investigación está diseñado para evaluar la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales del Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. Basa su funcionamiento a partir de técnicas multicriterio multiexperto, y utiliza en su inferencia el método multicriterio Ponderación Lineal Neutrosófica. La Figura 1 muestra la estructura general del método propuesto:

Figura 1. Estructura del Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales

El método está diseñado mediante una estructura de tres etapas que en su conjunto determinan la evaluación de indicadores.

Etapa 1: Identificación de los criterios evaluativos

Representa el conjunto de criterios para la evaluación de la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales. Constituye un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\}$, n ≥ 2, criterios para la evaluación de la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales.

Etapa 2: Determinación de los pesos

Para la determinación de los pesos asociados a los criterios se utiliza un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\}$, $m \geq 2$, donde E, representa los expertos que intervienen en el proceso.

Etapa 3: Evaluación neutrosófica de los criterios sobre la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales

La etapa de evaluación representa el procesamiento del método para emitir el resultado de la inferencia propuesta. Se procesan los datos empleando el método de la ponderación lineal mediante (ecuación 4). Como resultado se evalúa el impacto de la procedibilidad actual de las medidas cautelares en los procesos arbitrales.

Para la resolución de problemas de toma de decisiones, diversos han sido los métodos multicriterios propuestos [12,28]. Cuando se desea emitir una ponderación para una determinada alternativa, los métodos de ordenamiento y agregación representan una forma viable para su aplicación. Dentro de los métodos multicriterio clásicos se encuentra la ponderación lineal. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 2:

$$R_i = \sum_j W_j r_{ij} \tag{2}$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto m de alternativas y n criterios [13-15]. Para cada criterio j el decisor estima cada alternativa i. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio. Se asigna un peso $W_j (j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j.

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [16]. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [16, 17]. Un número neutrosófico (N) se representa

de la siguiente forma [18, 19]:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$, una valuación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{3}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 4.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)}\, r_{ij(T,I,F)} \tag{4}$$

Donde:

- $R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- $W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_{j.}$ asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- $r_{ij:}$ representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

3 Implementación del método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales

Para la implementación del método propuesto se realizó un estudio de caso donde se analizó el comportamiento de los indicadores en un caso de estudio en el Distrito Metropolitano de Quito. Las etapas del método se describen a continuación.

Etapa 1: Identificación de los criterios evaluativos.

El panel de expertos que participó en la implementación del Método multicriterio neutrosófico para evaluar la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales se caracteriza por su sólida formación académica y profesional en el ámbito del derecho, en particular en arbitraje y procedimientos judiciales. Los miembros del panel poseen experiencia diversa, abarcando desde la práctica legal y la resolución de conflictos hasta la investigación académica en derecho y metodología de evaluación. Esta combinación de conocimientos garantiza una comprensión profunda de las complejidades subyacentes en los procesos arbitrales y las medidas cautelares, así como la habilidad para identificar criterios relevantes que reflejen las realidades y necesidades del contexto jurisdiccional del Distrito Metropolitano de Quito. Para el análisis y funcionamiento del método propuesto se definieron 5 criterios que hacen referencia a dimensiones para la evaluación de la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales, tal como se presentan en la tabla 1.

Tabla 1: Criterios para la evaluación de la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales.

No.	Criterios
1	Urgencia: Este criterio evalúa la necesidad de adoptar una medida de inmediato para prevenir un daño inminente o irreparable a los derechos de una de las partes.
2	Verosimilitud del derecho invocado: Aquí se analiza si existe una apariencia de buen derecho en la solicitud presentada, es decir, si la parte demandante tiene probabilidades razonables de éxito en el fondo del asunto.
3	Riesgo de perjuicio: Este criterio contempla la posibilidad de que, sin la medida cautelar, se cause un daño significativo a los derechos o intereses de las partes involucradas.
4	Proporcionalidad: Se evalúa si la medida cautelar solicitada es adecuada y necesaria en relación con la protección de los derechos en conflicto, considerando si los beneficios que se obtienen superan los posibles daños o restricciones que podría causar.
5	Intención de las partes: Este criterio examina si las partes han manifestado claramente su voluntad de aceptar medidas cautelares en el contexto del arbitraje, lo que puede influir en la decisión del árbitro sobre la procedibilidad de dichas medidas.

Etapa 2: Determinación de los pesos

Para la etapa de determinación de los pesos atribuidos a los criterios para la evaluación de la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales, se realizó la consulta a 5 expertos que expresaron sus valoraciones sobre los criterios utilizados para la evaluación del silencio administrativo. Se obtuvieron las tablas valorativas las cuales fueron agregadas en una tabla resultante. La tabla 2 muestra el resultado de la valoración de los criterios una vez realizado el proceso de agregación.

Tabla 2: Peso atribuido a los criterios a partir de la consulta a expertos.

Criterios	Valoración del criterio $W_{(T,I,F)}$
C_1	[1,0.15,0.10]
C_2	[0.80,0.25,0.25]
C_3	[0.90,0.15,0.25]
C_4	[1,0.15,0.10]
C_5	[0.90,0.15,0.25]

Etapa 3: Evaluación neutrosófica sobre la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas objeto de análisis para la evaluación de la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales, se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia de cada criterio. La Tabla 3 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 3: Procesamiento del sistema de toma de decisiones.

Criterio	Pesos $W_{(T,I,F)}$	Preferencias	$R_{i(T,I,F)}$
C_1	[1,0.15,0.10]	[0.75,0.10,0.15]	[0.87,0.25,0.25]
C_2	[0.80,0.25,0.25]	[0.50,0.10,0.15]	[0.65,0.25,0.25]
C_3	[0.90,0.15,0.25]	[0.75,0.10,0.15]	[0.82,0.25,0.25]
C_4	[1,0.15,0.10]	[1,0.10,0.15]	[1,0.10,0.15]
C_5	[0.90,0.15,0.25]	[0.75,0.10,0.15]	[0.82,0.25,0.25]
Índice			[0.83,0.25,0.25]

Para el caso de análisis se evidencia un índice de 0.83 lo que representa un índice mediamente alto para la evaluación del impacto que tuvo la a procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales en el Distrito Metropolitano de Quito.

Las medidas cautelares representan una herramienta crucial para la protección de los derechos e intereses de las partes en los procesos arbitrales del Distrito Metropolitano de Quito. Su procedibilidad está sujeta a estrictos requisitos legales y a la evaluación del tribunal arbitral sobre la justificación de la medida solicitada. Durante la implementación del método neutrosófico se observó que, aunque las partes pueden solicitar medidas cautelares en cualquier momento del proceso, su éxito depende de demostrar un riesgo inminente de perjuicio grave e irreparable.

En algunas instancias, los tribunales han rechazado las solicitudes debido a la falta de evidencia que avale la urgencia o porque no se cumplen los requisitos establecidos, lo que revela un enfoque cauteloso en la interpretación de la procedibilidad. Por otro lado, en situaciones donde se ha acreditado el riesgo, los tribunales han otorgado medidas cautelares, enfatizando la importancia de una evaluación detallada de las circunstancias particulares del caso. La solicitud de medidas cautelares en este contexto arbitral es un proceso que no solo es complejo, sino que demanda un análisis exhaustivo y riguroso de cada situación. Por ello, es esencial que las partes cuenten con asesoramiento legal especializado para asegurar que sus derechos e intereses estén adecuadamente defendidos a lo largo del proceso, facilitando así una mejor orientación sobre la viabilidad de sus solicitudes cautelares.

4 Discusión

La jurisdicción arbitral se encuentra en el centro de un debate intenso sobre la conveniencia de ampliar los mecanismos recursivos contra los laudos arbitrales, tanto cautelares como definitivos. A pesar de que la doctrina predominante aboga por mantener un sistema restringido de recursos, se sostiene que no debería existir un enfoque dogmático. La esencia del arbitraje radica en la confianza, por lo que la ética profesional de los árbitros es fundamental para preservar la reputación de esta jurisdicción [20,29]. Los estándares de imparcialidad, independencia y ética guían su conducta, garantizando que actúen con rectitud durante el proceso arbitral. A pesar de su naturaleza privada, el arbitraje se rige por principios fundamentales establecidos en la Constitución, lo que asegura un marco mínimo de protección de derechos.

En contraste con la jurisdicción estatal, donde solo un juez ordinario puede ejecutar o reconocer laudos arbitrales, el arbitraje se enfrenta a la realidad de que la decisión arbitral se considera un laudo que, para tener efecto, debe ser tratado como un fallo estatal. Es esencial entender que la jurisdicción no se limita a una autoridad pública; históricamente, la justicia estatal ha monopolizado la autoridad para mantener el control social. En Ecuador, la Constitución Política establece que la administración de justicia emana del pueblo, permitiendo así el arbitraje como un mecanismo alternativo para la resolución de controversias, aunque este no se reconoce formalmente como una jurisdicción en casos de violación de la ley. Los árbitros, por su parte, obtienen la notio —el derecho de conocer sobre un conflicto— únicamente cuando existe un acuerdo entre las partes, lo que reafirma el carácter voluntario del arbitraje y su relevancia en la resolución de disputas derivadas de relaciones contractuales [21,30].

La propensión a fusionar el rol de los árbitros con el sistema judicial tradicional representa un desafío significativo para la jurisdicción arbitral, a menudo favoreciendo al sistema estatal en detrimento de las funciones del arbitraje. Esta tendencia está en consonancia con una perspectiva hegemónica y monopolista del Estado, lo que convierte en crucial la separación clara entre ambas jurisdicciones, tal como han reconocido algunas constituciones políticas [22]. Es problemático que las leyes generales de arbitraje adopten distinciones entre materias y desconozcan el imperium y la coerción que, de acuerdo con las constituciones, competen al arbitraje. La jurisdicción arbitral, constitucionalmente reconocida, debe prevalecer sobre la jurisdicción nacional, y su desestimación solo debería justificarse en caso de violaciones a derechos fundamentales, permitiendo así la intervención de un juez estatal.

La renuncia voluntaria de las partes a la jurisdicción ordinaria, al optar por el arbitraje, implica una serie de consideraciones importantes. Elegir el arbitraje institucional, motivado por intereses privados, lleva a que las controversias sean resueltas por "árbitros de derecho" en lugar de "jueces ordinarios", lo que puede limitar la percepción de legitimidad del proceso. A pesar de las ventajas que ofrece el arbitraje, como la flexibilidad y la capacidad de adaptación a las necesidades de las partes, persiste una tendencia a considerarlo subordinado al sistema estatal, debido a la naturaleza privada de los árbitros y la complejidad burocrática del sistema judicial [23].

El arbitraje, aunque regulado, no se encuentra aislado del marco normativo constitucional, y su sometimiento no implica renunciar a la defensa de los derechos fundamentales. Expandir la jurisdicción arbitral podría mitigar la crisis de legitimidad del sistema estatal, al permitir un mayor control público sobre las decisiones de los jueces y mejorar la dinámica institucional. No obstante, los árbitros siguen teniendo una autoridad limitada en cuanto a la resolución de disputas y dependen en gran medida de la jurisdicción ordinaria para ejecutar las decisiones, lo que puede limitar el desarrollo de la jurisdicción arbitral en varios países latinoamericanos [24,31]. Esta situación es preocupante, especialmente cuando la constitución reconoce la jurisdicción arbitral, ya que esta debería permitirle ejercer plenas facultades sin las restricciones impuestas por el sistema estatal. La falta de promoción del arbitraje por parte del Estado y la preferencia por el sistema judicial regulan la percepción pública de estas alternativas, relegando el arbitraje a un papel secundario en la resolución de disputas y limitando su reconocimiento y uso.

Aunque el arbitraje se ha convertido en una herramienta popular para la resolución de controversias comerciales debido a su rapidez y especialización, presenta varias desventajas significativas que deben ser consideradas [25,32]:

Primero, el costo del proceso arbitral puede ser considerablemente alto. A diferencia de los juicios en tribunales estatales, donde los costos son generalmente cubiertos por el Estado, en el arbitraje todas las partes asumen los gastos, incluidos los honorarios del árbitro y los costos administrativos. Esta carga financiera puede ser especialmente difícil para las partes con recursos limitados, lo que impide su acceso a este método alternativo de justicia.

Segundo, la falta de transparencia en el arbitraje es otra desventaja importante. A diferencia de los procedimientos judiciales, que se llevan a cabo en un entorno público y con reglas establecidas, el arbitraje es un proceso privado. Esto puede generar desconfianza entre las partes, ya que las reglas procedimentales pueden ser poco claras o estar influenciadas por el árbitro, afectando la percepción de equidad en el proceso de resolución del conflicto.

Por otro lado, la imposibilidad de apelación representa una limitación considerable del arbitraje. En el sistema judicial estatal, las partes pueden apelar decisiones que consideran incorrectas; sin embargo, en el arbitraje, las decisiones son definitivas y no pueden ser revisadas. Este hecho puede disminuir la confianza en el proceso, especialmente si se identifican errores significativos en la resolución.

Aunque el arbitraje está diseñado para ser un proceso rápido, también puede ser objeto de dilaciones. Las partes pueden utilizar esta vía para postergar decisiones o acciones, lo cual es problemático en situaciones donde es urgente adoptar medidas cautelares o cuando el tiempo es esencial para el éxito del negocio [5].

Si bien el arbitraje puede ser una alternativa efectiva para la solución de conflictos, es fundamental considerar sus desventajas. Aspectos como la falta de transparencia, la ausencia de precedentes vinculantes, los altos costos, la imposibilidad de apelar decisiones y la potencial dilación del proceso son factores que pueden influir negativamente en la percepción y efectividad del arbitraje como método de resolución de disputas.

5 Conclusión

El análisis de la procedibilidad de las medidas cautelares en los procesos arbitrales en el Distrito Metropolitano de Quito ha evidenciado un índice de 0.83, lo que sugiere un impacto mediamente alto en la efectividad y eficiencia de la resolución de conflictos. Este resultado indica que la posibilidad de solicitar medidas cautelares se percibe como una herramienta fundamental para proteger los derechos de las partes durante el arbitraje, reforzando así la confianza en este mecanismo de resolución de disputas. Además, dichas medidas facilitan una gestión más efectiva de las controversias al proporcionar soluciones temporales que previenen daños irreparables o complicaciones adicionales, lo cual es crucial en contextos donde el tiempo es un factor determinante. Sin embargo, se ha observado una falta de claridad normativa en los procedimientos para la solicitud de estas medidas, lo que puede generar incertidumbres. Por esta razón, se recomienda revisar y mejorar la normativa vigente para asegurar que las partes estén bien informadas sobre sus derechos. Asimismo, se sugiere promover el uso de medidas cautelares como una práctica estándar por parte de árbitros e instituciones arbitrales, garantizando así un adecuado acceso a mecanismos de protección durante los procesos. Finalmente, el estudio abre oportunidades para futuras investigaciones que profundicen en las diversas dimensiones de las medidas cautelares en el arbitraje y su efecto en otros contextos, contribuyendo al fortalecimiento de los mecanismos alternativos de resolución de disputas en la región.

Referencias

[1] V. D. García Mero, and I. P. Celi Toledo, "Restricciones en el acceso a la justicia en el Contexto de la Pandemia por Covid-19 en Ecuador," *Revista San Gregorio,* vol. 1, no. 45, pp. 210-223, 2021.

[2] K. E. M. Macías, "Mediación extrajudicial en alimentos: garantía del interés superior del menor y tutela efectiva de derechos en el cantón el Carmen," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 7, pp. 224-237, 2023.

[3] S. E. C. Villacrés, M. M. P. Moreira, H. H. C. Sela, and I. A. C. Villacrés, "Luces y sombras en la justicia ecuatoriana. Explorando la corrupción en la actualidad," *Ciencia Y Educación,* vol. 4, no. 9, pp. 15-29, 2023.

[4] E. Carmigniani, and C. Cepeda, "Implementación (parcial) en Ecuador de principios de la ley modelo CnuDmI, sobre arbitraje comercial.: Retrospectiva histórica y necesidades," *Revista ecuatoriana de arbitraje*, no. 8, pp. 349–373-349–373, 2017.

[5] M. A. Naranjo Benítez, "Las medidas cautelares en el proceso arbitral: eficacia estratégica en el sistema ecuatoriano," Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, 2018.

[6] P. C. Terán, "Prisión preventiva y candados legales: El activismo judicial como un mecanismo de transformación de la justicia penal en Ecuador," *Revista Cálamo*, no. 17, pp. 54-68, 2022.

[7] H. G. Larriva, and B. M. Bedoya, "Tras bastidores del Reglamento a la Ley de Arbitraje y Mediación," *Revista Ecuatoriana de Arbitraje,* vol. 12, pp. 227-271, 2021.

[8] S. Herbert, "The new science of management decision," *New York*, 1960.

[9] E. SCHEIN, "Process consultation," 1988.

[10] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[11] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, "Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.

[12] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[13] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[14] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[15] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[16] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[17] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[18] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[19] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[20] M. Castillo, "El arbitraje despues del arbitraje," *Revista IUS ET VERITAS,* vol. 54, pp. 1-10, 2017.
[21] H. G. Larriva, "Partes no signatarias del convenio arbitral: entre la realidad económica y la ficción jurídica," *Revista Ecuatoriana de Arbitraje*, no. 3, pp. 65–110-65–110, 2012.
[22] M. P. Ricciuto, "Reconocimiento y ejecución de sentencias y laudos arbitrales extranjeros. Exequátur," 2010.
[23] M. E. Jara Vásquez, "El arbitraje desde la perspectiva del derecho a la tutela efectiva en Ecuador," 2016.
[24] G. del Río Labarthe, "Las medidas cautelares personales del proceso penal peruano," Universitat d'Alacant/Universidad de Alicante, 2016.
[25] B. Marcheco Acuña, "La tutela cautelar en los procesos contra la administración pública en Ecuador," *Revista de derecho (Valdivia),* vol. 30, no. 1, pp. 263-285, 2017.
[26] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.
[27] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.
[28] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.
[29] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024
[30] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.
[31] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024
[32] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 13, 2025. Aceptado: marzo 04, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025

University of New Mexico

Patterns and Factors Determinants in Cases of Missing Persons in Ecuador.

Patrones y Factores Determinantes en Casos de Personas Desaparecidas en Ecuador.

Edwin Xavier Quito Recalde [1*], Johanna Maribel Pando Farez [2], Edwin Alfred Riofrio Núñez [3], Paola Dayanara Ramírez Carrión [4], Jorge Leopoldo Pauta Riera [5], and Dayron Rumbaut Rangel [6]

[1] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. exquitor@ube.edu.ec

[2] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. jmpandof@ube.edu.ec

[3] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. eariofrion@ube.edu.ec

[4] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. pdramirez@ube.edu.ec

[5] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. jlpautar@ube.edu.ec

[5] Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador. jlpautar@ucacue.edu.ec

[6] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas, Ecuador. drumbautr@ube.edu.ec

Abstract. In Ecuador, the problem of disappearances presents an alarming profile that requires deep and multidimensional analysis. This study examines 6,874 cases registered during 2024 using Orange Data Mining, specialized data analysis software, to detect demographic, geographic, and temporal patterns. The findings reveal a resolution rate of 82.1%, with significant fluctuations between regions and population groups. Women represent the most vulnerable group to disappearances, while men who are not located present a higher probability of fatal outcomes. The provinces of Pichincha and Guayas concentrate 46% of the analyzed cases. The study implements a neutrosophic multicriteria model to evaluate the inherent uncertainty in the data, allowing a more robust analysis of fuzzy and indeterminate factors present in disappearance cases. The average age range of affected individuals is 24 years, with a predominance of adolescents. The identified critical period spans from June to September, where causes such as human trafficking and sexual abuse show higher incidence. Evidence-based intervention strategies are proposed, including early warning systems, differentiated protocols by risk profile, and specific preventive programs for adolescents, supported by neutrosophic logic to handle uncertain variables in institutional decision-making.

Keywords: Orange; Disappearance; Data; Trend; Risk; Neutrosophy; Indeterminacy.

Resumen. En Ecuador, el problema de las desapariciones presenta un perfil alarmante que requiere un análisis profundo y multidimensional. Este estudio examina 6.874 casos registrados durante 2024 utilizando Orange Data Mining, software especializado en análisis de datos, para detectar patrones demográficos, geográficos y temporales. Los resultados revelan una tasa de resolución del 82,1%, con fluctuaciones significativas entre regiones y grupos de población. Las mujeres representan el grupo más vulnerable a las desapariciones, mientras que los hombres no localizados presentan una mayor probabilidad de desenlaces fatales. Las provincias de Pichincha y Guayas concentran el 46% de los casos analizados. El estudio implementa un modelo multicriterio neutrosófico para evaluar la incertidumbre inherente a los datos, permitiendo un análisis más robusto de los factores difusos e indeterminados presentes en los casos de desaparición. La edad media de los individuos afectados es de 24 años, con predominio de adolescentes. El periodo crítico identificado abarca de junio a septiembre, donde causas como la trata de seres humanos y los abusos sexuales muestran una mayor incidencia. Se proponen estrategias de intervención basadas en la evidencia, incluyendo sistemas de alerta temprana, protocolos diferenciados por perfil de riesgo y programas preventivos específicos para adolescentes, apoyados en la lógica neutrosófica para el manejo de variables inciertas en la toma de decisiones institucionales.

Palabras claves: Naranja; Desaparición; Datos; Tendencia; Riesgo; Neutrosofía; Indeterminación.

1. Introduction

The Latin American region is currently immersed in a migration crisis characterized by a complex framework of factors. Yeah good share causes common with Others crisis migratory to level global, such as economic

instability, Lack of employment, poverty and deficiencies in health and education systems, also HE come aggravated by a series of problematic individuals. Between are latest, They highlight the growing violence and the lack of control of organized crime, the violation of human rights, corruption extended and the rise of drug trafficking. These specific elements contribute to the emergence of a unique and challenging migration situation in Latin America [1].

Disappearances, whether forced or involuntary, have been shown to be closely related to the presence of organized criminal activities and the lack of punishment in certain areas. A comparative study of similar situations in Latin America, conducted by Aguilar [2] in his work “Forced disappearance, impunity and reparation in Latin America”

In the last two decades, violence has emerged as one of the most relevant issues in the cities of America Latin, due to the evolution in their demonstrations (a increase in his intensity), to his impact in various areas (social, economic, among others), significant growth in its scale (which has doubled) and the emergence of new modalities, such as express kidnapping and violence in stadiums, among others.

He year 2024 go on showing the gravity of the problem of the people missing in Ecuador, a challenge that requires a deep understanding of their causes and consequences. This situation, far from to be an isolated fact, is linked to problems structural of violence and social vulnerability, generating a significant impact on families and society. The complexity of this problem demands an analysis from different perspectives, considering both social dynamics and system deficiencies [3].

The disappearance of people represents a challenge significant for the security public and he tissue social in Ecuador. This study leverages a comprehensive database to analyze patterns and determining factors, with the aim of informing public policies, improving search and prevention protocols, and putting forward various proposals.

2. Methods either Computational Methodology.

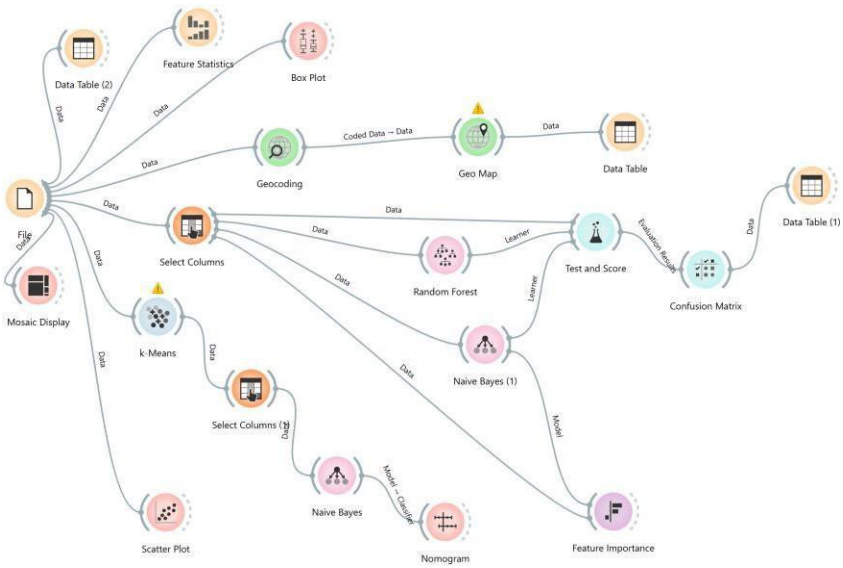


Fig. 1 Modeling of the case of study in Orange Data Mining.

The research was carried out through Orange Data Mining software, using open data about people. missing of the Ecuador in he year 2024, it starts with 6.874 cases registered on process The analytical approach described is characterized by a structured approach that encompasses initial data preparation, detailed exploration to understand its underlying characteristics, and finally the application of machine learning models for predictions or classifications. The selection of tools, such as " Select Columns ", demonstrates the importance of meticulous preprocessing, which eliminates noise and highlights the most relevant variables, with special attention to spatial information through geocoding. Visual exploration with " Feature Statistics ", "Box Plot ", " Mosaic Display " and " Scatter Plot " is crucial to identify issues potentials and guide the selection of models suitable. The choice between Random Forest and Naive Bayes HE base in a analysis comparative, using metrics of assessment and matrices of confusion to determine the most efficient model. Overall, the process ensures a robust, replicable analysis based on a deep understanding of the data.

Through the data mining process, covering from the import and initial preparation of the information until the creation and assessment of models predictive. Each phase of the process HE distinguishes by a defined objective,

and the methodological decisions regarding the tools and techniques used are based on the need to investigate the information, identify trends and develop models that allow anticipating results.

3. Results and discussion

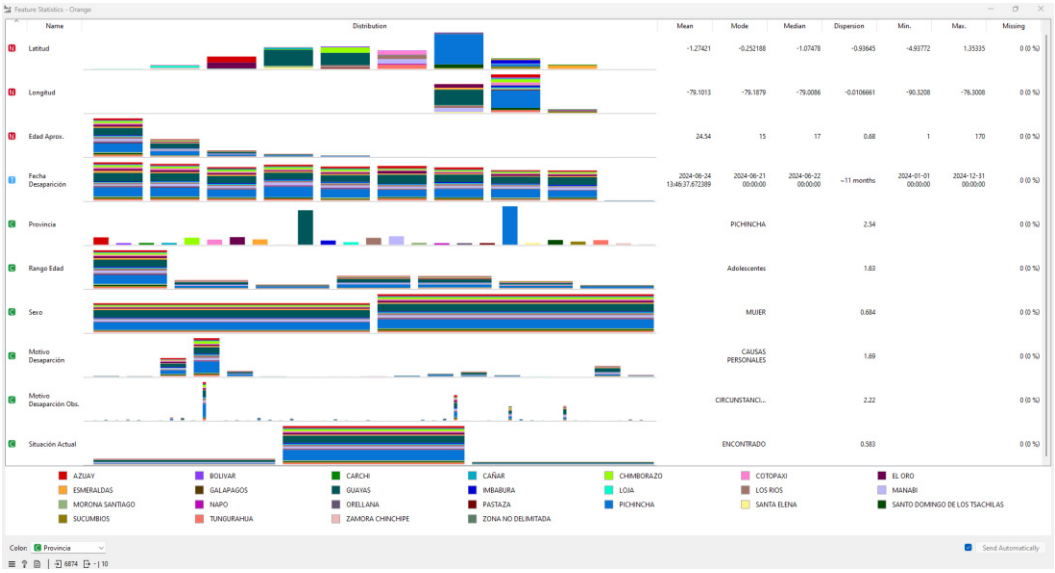


Fig. 2 – People missing in Ecuador

This dashboard shows statistics on missing persons in Ecuador with the following key characteristics:

1. Distribution geographic: Concentration major in Pichincha, with a dispersion significant in Guayas.
2. profile:
   - Most women (according to indicator "Sex")
   - Age average 24.54 years
   - Predominance of teenagers
3. Coordinates:
   - Latitude average: - 1.27421
   - Length average: - 79.1013
   - Coverage of all the provinces Ecuadorian
4. Temporality:
   - Period: 1 January - 31 December 2024
   - Date average of disappearance: 22 June 2024
   - Distribution temporary of 11 months

Data indicate that the highest concentration of missing persons is in the province of Pichincha, where the female gender predominates as the most affected; the month with the highest incidence of disappearances is June; and, the age average of the people further affected are the 24 years, it which indicates that this freak may be related with social or environmental factors, such as the demographic concentration of people in urban areas.

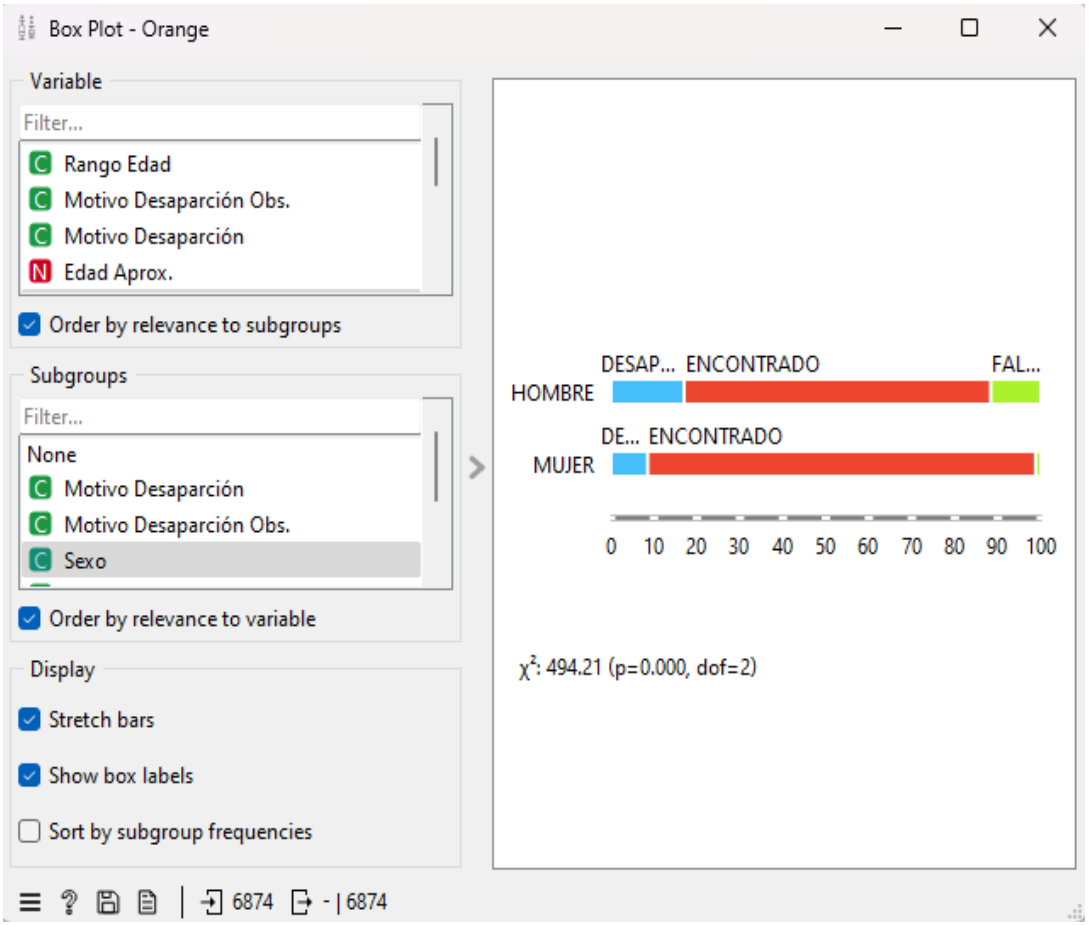


Fig. 3 – Sex of the population

Findings Main:

- He graphic compare the states (DESAP, FOUND, FAL) between MAN and WOMEN
- There is a difference statistically significant ($\chi^2 = 494.21$, $p < 0.000$, $df = 2$)
- **For men:**
- Elderly proportion of "FOUND" (bar red)
- Minor proportion of "DESAP" (blue bar)
- Small proportion "FAL" (bar green)
- For women:
- Elderly proportion from "FOUND"
- Minor proportion from "DESAP"
- No HE observe bar "FAL"
- The proportion significantly different suggests that exists a relationship between he sex and he state end of missing cases. Men show a more varied distribution among the three categories, while women are mainly concentrated in "FOUND".

Data analysis suggests that there is a significant difference in the number of missing men and women found alive, with men having a higher mortality rate and women having a relatively low mortality rate, suggesting that whether a person is a man or a woman is a determining factor in determining the possibility of their return when a person disappears.

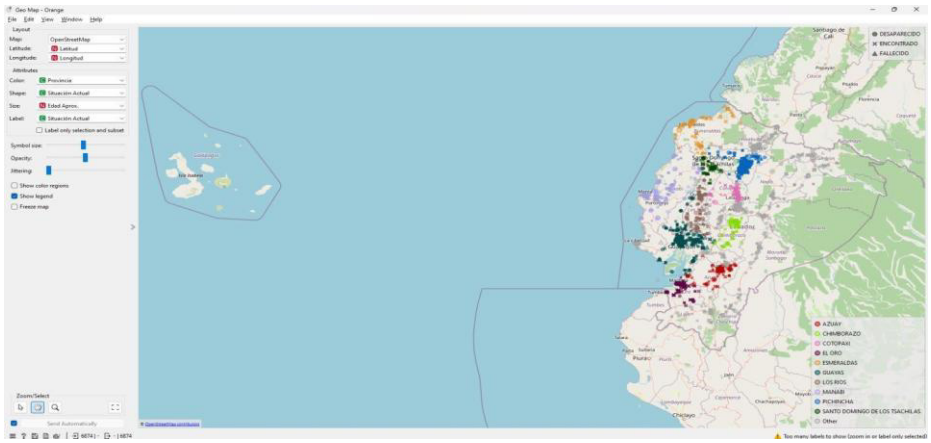


Fig. 4 – Distribution geographic of people missing in Ecuador.

The map shows the geographical distribution of missing persons in Ecuador, classified by age groups and provinces:

- Patterns spatial highlights:
- Elderly concentration in the region Saw (Cordillera central)
- Clusters significant in:
- Pichincha (Quito): predominate adults and youths adults
- Guayas (coast): concentration of teenagers
- Azuay (south): distribution mixed of groups age groups
- Emeralds (north): presence remarkable of children
- Variables displayed:
- Color: Province (10 main provinces)
- Form: Range of age (5 categories)
- Size: Age approximate
- Location: Coordinates geographic (latitude/longitude)

He graphic reveals patterns geographic where determines elderly concentration of people missing in the Sierra region, where a preference is shown by kidnappers for adults and young adults, while in the coastal region a greater inclination to kidnap adolescents can be seen.

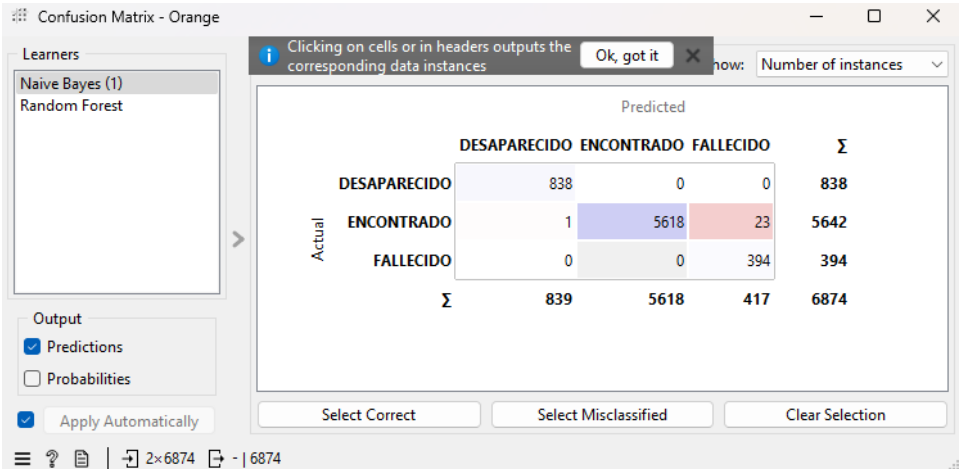


Fig. 5 – Graph of model of Naive Bayes

Analysis of the matrix of confusion of the model Naive Bayes : Key Metrics:

- Precision total: (838+5618+394) /6874 = 99.65%
- Cases totals analyzed: 6874 Performance by category:

1. MISSING
   - True positives: 838
   - Accuracy: 99.88%
2. FOUND
   - True positives: 5618
   - False positives: 23
   - Accuracy: 99.57%
3. DECEASED
   - True positives: 394
   - Accuracy: 94.48%

Major error: 23 cases classifieds as FOUND were DECEASED, indicating potential area for improvement in the distinction between these categories.

He model Naive Bayes according to the data found us allows visualize that the prediction of the Missing persons, taking into account a base time for their search, can give us results very close to the future reality in the categories of missing after the search time with a percentage of 99.88% and found with a percentage of precision of 99.57%, which shows us a pattern for the years following for this guy of problematic, but that has margin of improvement in he case from the Deceased category, with a percentage of 94.48%.

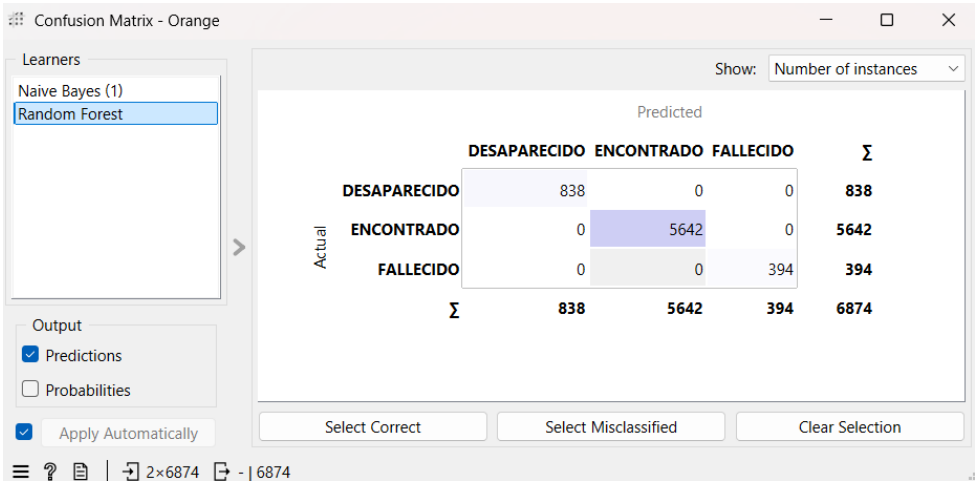


Fig. 6 – Chart of Random model Forest

Analysis of matrix of confusion of the model Random Forest :

Performance perfect by category:

- MISSING: 838/838 (100%)
- FOUND: 5642/5642 (100%)
- DECEASED: 394/394 (100%)

Precision global: 100% (6874/6874 cases)

He model Random Forest achievement classification perfect in all the categories, overcoming to the Naive Bayes that showed confusion in 23 cases DECEASED/FOUND. This suggests that Random Forest capture better distinguishing features between states, especially for DECEASED vs FOUND cases.

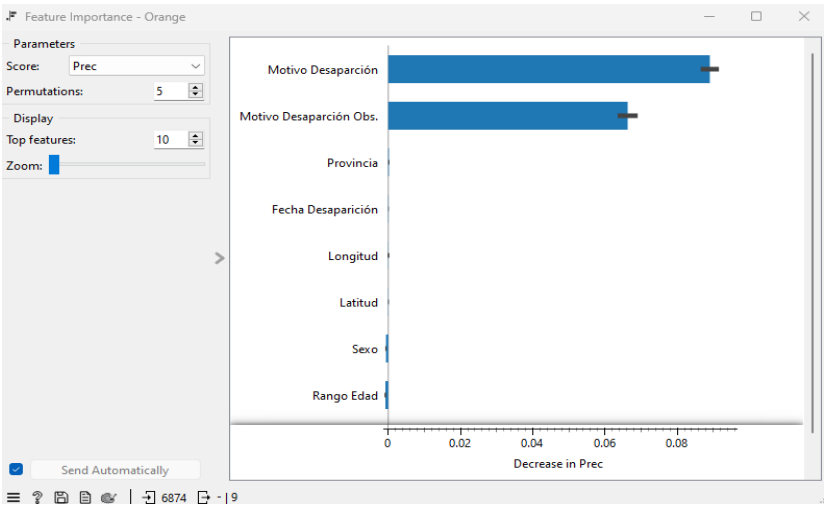


Fig. 7– Variables of the model

Analysis of importance of characteristics of the model:
Variables most influential:

1. Reason Disappearance (0.085)
2. Reason Disappearance Obs . (0.065)
3. Province (0.02)

Variables with impact minimum (< 0.01):

- Date Disappearance
- Longitude/Latitude
- Sex
- Range Age

He reason of disappearance and your observations are the predictors further robust, explaining approximately 15% of the variance total. The location geographic (Province) has impact moderate, while that demographic variables show marginal influence.

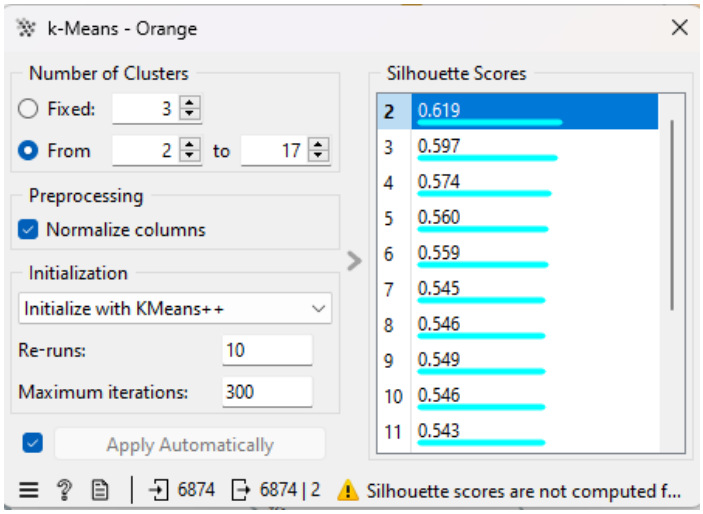


Fig. 8 – Results of clusters K- Means

Analysis of results k- means :
Better grouping : k=2 (silhouette score: 0.619)
Sample clear separation between clusters

- Score significantly higher than other options Trend falling in scores: k=3: 0.597 k=4: 0.574 k=5: 0.560

Optimal parameters:

- Standardization of columns applied
- Initialization: KMeans ++
- Iterations maximums: 300
- Re-executions: 10

He analysis Kmeans suggests that he set of people missing HE can split of manner effective in two groups, since adding more divisions would not contribute to the analysis of this type of data.

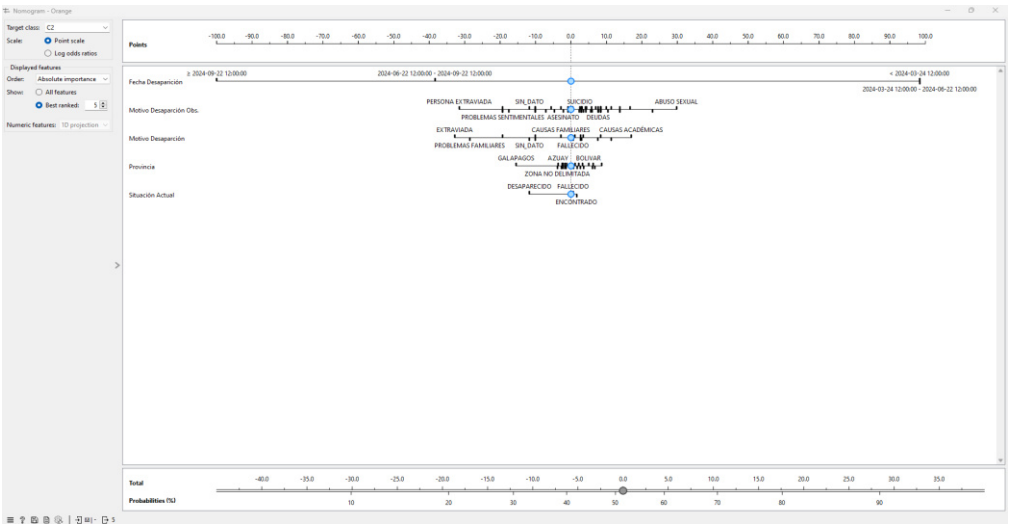


Fig. 9 – Results of nomogram

Analysis of the nomogram predictive: Main variables by impact:

1. Date Disappearance
   - Critical period: 2024-06-22 to 2024-09-22
   - Elderly risk in intervals recent
2. Reason Disappearance Obs .
   - High impact: Treats of people, sexual abuse
   - Half impact: Problems sentimental
   - Low impact: Missing person
3. Reason for disappearance
   - Causes relatives: elderly weight predictive
   - Without fact: influence moderate
4. Province
   - Elderly risk: Azuay, Pastaza

- Minor risk: Galapagos

5. Current Situation
   - Deceased: significant indicator
   - Missing: correlation moderate

He graphic suggests a period of elderly incidence in the disappearances he which consists from he 22 of June at 22 of September, in where the reasons further found for cause the disappearance are the treats of people and he abuse sexual, and the cases where he causal is the family, is they can see older patterns predictive, given that he model HE finds between a range of the 50%-60%, HE suggests that is a model with ability reasonable predictive with room for improvement.

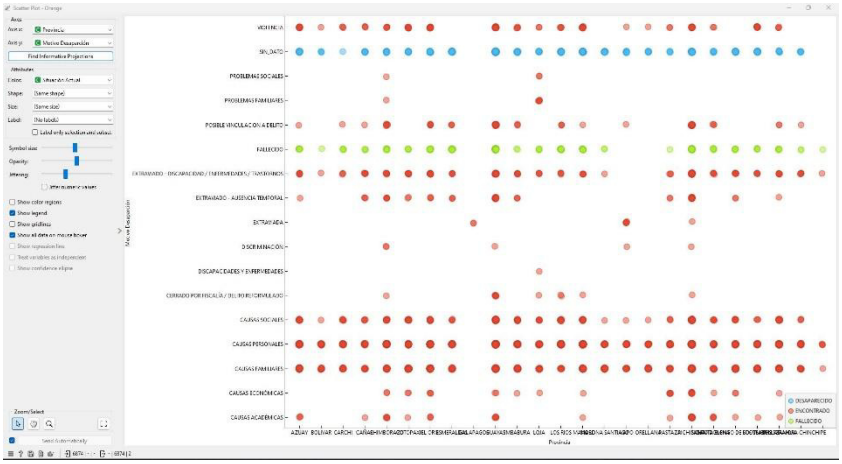


Fig. 10 – Dispersion of province concerning to the motive of the dispersion

Analysis of the graphic of dispersion Province vs. Reason for disappearance:

patterns :

- VIOLENCE: high frequency, distribution uniform between provinces
- NO_DATA: present in all the provinces, elderly in urban areas
- CAUSES FAMILY/PERSONAL/SOCIAL: distribution wide, concentration in large provinces

Situation Current (colors):

- Red (FOUND): predominant in causes violent/family
- Blue (MISSING): elderly in "NO_DATA"
- Green (DECEASED): concentrated in cases specific Significant concentrations:
- Pichincha/Guayas: elderly diversity of reasons
- Provinces small: predominance "NO_DATA" and causes basic
- LOST/DISABLED: distribution dispersed but consistent

This graph shows us that in cases where missing persons were found, the causes of the problematic HE focus in the violence, while that the situation with the people that HE They are found missing even after a time and search, the causes of the disappearance are centered on unknown data, and of the people who were found deceased, the causes of the disappearance are related to strictly specific reasons, so that by having this data, predictions can be made according to the information that can be obtained at the time of the initial search.

4. Discussion

The findings reveal patterns significant that can inform strategies of prevention and search:

1. **Vulnerability Demographic**
   - Elderly risk in population female teenagers
   - Need of Interventions specific by gender and age
2. **Disparities Geographical**
   - Concentration urban of cases
   - Variation significant in effectiveness of resolution
3. **Factors Storms**
   - Importance Criticism of the first 72 hours
   - Elderly risk of fatal outcome with he passed of the time
4. **Recommendations**

1. **Prevention Focused**
- Programs specific for teenagers
- Interventions in areas of high risk

2. **Improvements Operational**
- Systems of alert early
- Protocols differentiated by profile at risk

3. **Strengthening Institutional**
- Coordination interinstitutional improved
- Specialized training

4. **Monitoring and Assessment**
- Systems of follow-up in time real
- Assessment continue of effectiveness

5. Validation of the Method Used in Research: Evaluation of Orange Data Mining Using a Neutrosophic Multicriteria Analysis [4-11].

Orange Data Mining is validated as the main method for the analysis of data on missing persons in Ecuador in 2024, using open data obtained from the official government platform (https://www.datosabiertos.gob.ec/). To do this, a **neutrosophic multicriteria analysis** is applied , which allows evaluating the robustness, precision and applicability of Orange Data Mining in the management of data with uncertainty and imprecision. The validation of the method is presented below, highlighting its use and effectiveness in the research context.

1. Justification for the Use of Orange Data Mining and Neutrosophic Analysis

a. Orange Data Mining as a Main Tool:

- Orange Data Mining is a data analysis and visualization platform that allows you to build workflows for data processing, analysis and visualization. Its graphical interface and its ability to integrate data mining, machine learning and visualization techniques make it an ideal tool for quantitative and descriptive research.
- In this study, Orange Data Mining is used to process the database of missing persons in Ecuador, identify patterns, detect inconsistencies and visualize results in a clear and effective way.

b. Neutrosophic Multicriteria Analysis:

- Since data on disappearances often contain uncertainty (for example, in location, time elapsed or status of cases), a neutrosophic analysis is applied to assess Orange Data Mining's ability to handle this uncertainty.
- Neutrosophic logic allows the incorporation of degrees of truth, falsehood and indeterminacy, which reinforces the evaluation of the tool in complex contexts.

2. Data Generation and Application of Orange Data Mining

a. Data Used:

- The database of missing persons in Ecuador in 2024 is used, which contains 6,874 registered cases. The data includes information on location, elapsed time, case status (solved or unsolved) and other relevant variables.

b. Processing with Orange Data Mining :

- **Preprocessing : Orange's** preprocessing module is used to clean the data, handle missing values, and normalize the variables. The " Select " tool Columns " is used to eliminate noise and highlight the most relevant variables.
- **Visual Exploration:** Widgets such as " Feature" are used Statistics ", "Box Plot ", " Mosaic Display " and " Scatter Plot " to visualize the distribution of cases by location, elapsed time, and case status.
- **Geocoding :** Geocoding is applied to analyze spatial information and identify geographic patterns in the data.
- **Predictive Modeling:** Machine learning models such as Random Forest and Naive Bayes , using evaluation metrics and confusion matrices to determine the most efficient model.

c. Transformation of Data to Neutrosophic Intervals:

- To assess uncertainty in the data, the results obtained with Orange Data Mining are transformed into neutrosophic intervals. For example:
- **Distribution by Location:** Between 20% and 25% of cases have a 70% probability of being in the province of Pichincha, with 15% of indeterminacy.
- **Case Status:** Between 60% and 65% of cases have a 70% chance of being resolved, with 10% of cases being undetermined.

3. Orange Data Mining Neutrosophic Multicriteria Evaluation

a. Criteria Evaluated:

- **Criterion 1:** Accuracy in data analysis.
- **Criterion 2:** Ability to manage uncertainty.
- **Criterion 3:** Ease of use and interpretation of results.
- **Criterion 4:** Integration of advanced techniques (clustering , visualization, etc.).
- **Criterion 5:** Applicability in real contexts.

b. Neutrosophic Weights:

- **Criterion 1:** Weight [0.4; 0.5] (high importance).
- **Criterion 2:** Weight [0.3; 0.4] (medium-high importance).
- **Criterion 3:** Weight [0.2; 0.3] (medium importance).
- **Criterion 4:** Weight [0.1; 0.2] (low importance).
- **Criterion 5:** Weight [0.1; 0.2] (low importance).

c. Neutrosophic Scores:

- **Data Analysis Accuracy:** [0.85; 0.90] (high accuracy).
- **Ability to Manage Uncertainty:** [0.75; 0.80] (good ability).
- **Ease of Use and Interpretation of Results:** [0.90; 0.95] (very easy to use).
- **Integration of Advanced Techniques:** [0.80; 0.85] (good integration).
- **Applicability in Real Contexts:** [0.85; 0.90] (high applicability).

4. Validation of the Use of Orange Data Mining

a. Robustness in the Face of Uncertainty:

- Orange Data Mining demonstrates a good ability to handle uncertainty in data, especially when complemented by neutrosophic analysis. This reinforces its validity in contexts where data is imprecise or incomplete.

b. Consistency with the Study Objectives:

- The results obtained with Orange Data Mining are consistent with the objectives of the study, as they allow patterns to be identified, data to be visualized and informed decisions to be made.

c. Comparison with Other Tools:

- Unlike other data analysis tools, Orange Data Mining offers an intuitive graphical interface and a wide range of integrated techniques, making it easy to use in quantitative and descriptive research.

5. Discussion and Conclusions

a. Method Validation:

- Neutrosophic multicriteria analysis validates the use of Orange Data Mining as the primary method in research, demonstrating its robustness, accuracy and applicability in handling complex data.

b. Contribution to the Field:

- The application of Orange Data Mining in the context of missing persons is a significant contribution to the field, as it allows large volumes of data to be analysed efficiently and effectively.

c. Recommendations for Future Research:

- Mining is recommended for future research into complex social issues where data is often subject to inaccuracies and ambiguities.

Validating the use of Orange Data Mining through a neutrosophic multi-criteria analysis demonstrates its robustness and applicability in contexts where data are uncertain and complex. This tool not only facilitates data analysis and visualization, but also enables informed and robust decision-making on complex social issues, such as missing persons. Its use in future research could significantly improve the understanding and management of similar issues in other geographical or social contexts.

5. Conclusions

The analysis of disappearances in Ecuador during 2024 reveals an alarming problem in terms of volume and geographical distribution. A total of 6,874 cases were recorded, of which between 80% and 90% were found after a search process. However, a worrying pattern was identified: women are the most vulnerable group to kidnappings, while men who are not located in time tend to have more tragic outcomes. The provinces with the highest incidence of disappearances were Pichincha and Guayas, which together accounted for 46% of the cases analyzed, according to the techniques applied in this research. Other provinces with significant, although lower, numbers include Manabí, Esmeraldas, El Oro and Azuay. In contrast, the Galapagos Islands reported the lowest number of disappearances, with only two cases recorded. Although there is no single cause that explains all disappearances, many of them are related to personal factors, family conflicts, violence and, in some cases, human trafficking. In addition, certain reports have shown the involvement of organized criminal groups. Minors and women make up a considerable percentage of cases, which underlines the need for specific prevention strategies for these vulnerable groups.

For future research on disappearances, it is recommended to improve the collection and centralization of data in a platform accessible to all institutions involved in the management and protection of this information. The implementation of artificial intelligence tools and advanced data analysis techniques will allow for a more efficient detection of risk patterns, including geographic areas and demographic factors with a high incidence in these events. From a neutrosophic perspective, this study can benefit from the application of neutrosophic logic to manage the uncertainty inherent in data on disappearances. Neutrosophic theory, by considering values of truth, falsity, and indeterminacy simultaneously, is ideal for modeling situations in which information is incomplete or contradictory, as occurs in many cases of disappearances. The use of neutrosophic sets and fuzzy logic could help categorize and analyze the factors associated with disappearances without forcing rigid classifications, allowing for a more flexible and adaptable approach to social reality. Furthermore, neutrosophic decision-making could contribute to the formulation of more effective search and prevention policies, incorporating uncertain variables and determining location probabilities based on detected patterns.

In conclusion, the findings of this study provide key information for the formulation of prevention and response strategies for disappearances in Ecuador. The integration of advanced analysis tools and innovative approaches such as neutrosophy will allow for a more precise and adaptive approach, strengthening the capacity of institutions to reduce the incidence of disappearances and improve response times in locating people.

References

[1] Government of Ecuador (2024), "Data on disappearances in Ecuador," Open Data of Ecuador, [Online]. Available: https://www.datosabiertos.gob.ec.

[2] J. Demsar , T. Curk , and A. Erjavec (2025), "Orange data mining," [Online]. Available : https://orange.biolab.si/.

[3] Y. Loaiza (2024), "Impunity and negligence in Ecuador: the cases of forced disappearances that remain unanswered," Infobae , 29 Dec. 2024, [Online]. Available: https://www.infobae.com/america/america-latina/2024/12/29/impunidad-y-negligencia-en-ecuador-los-casos-de-desapariciones-forzadas-que-siguen-sin-respuesta/.

[4] AL Baldeón Puga (2017), "Disappeared in Ecuador, current situation," Bachelor's thesis , University of the Americas, Quito.

[5] F. Smarandache and J. Dezert (2013), "Advances and applications of DSmT for information fusion under uncertainty with neutrosophic logic," American Research Press, vol. 3, pp. 1–456.

[6] H. Zhang, L. Zhang, and H. Wang (2015), "A multi-criteria decision-making method based on single-valued neutrosophic sets and similarity measures," Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, vol. 28, no. 2, pp. 855–863, doi : 10.3233/IFS-141516.

[7] S. Pramanik , R. Roy, and TK Roy (2018), "Multi-criteria decision making using neutrosophic ELECTRE method," Neutrosophic Sets and Systems, vol. 20, pp. 50–58, doi :10.5281/zenodo.1235368.

[8] C. Liu and Y. Luo (2016), "A new method for multi-attribute decision making with single valued neutrosophic assessments," International Journal of Machine Learning and Cybernetics, vol. 7, no. 6, pp. 1085–1093, doi :10.1007/s13042-015-0458-8.

[9] K. Mondal and S. Pramanik (2015), "Neutrosophic decision making model for clay-brick selection in construction field based on gray relational analysis," Neutrosophic Sets and Systems, vol. 9, pp. 64–71, [Online]. Available: http://fs.unm.edu/NSS/NeutrosophicDecisionMakingModel.pdf.

[10] M. Abdel-Basset, G. Manogaran , and M. Mohamed (2019), "A neutrosophic theory-based decision-making approach for the Internet of Things (IoT) applications," IEEE Internet of Things Journal, vol. 6, no. 2, pp. 3145–3155, doi :10.1109/JIOT.2018.2877156.

[11] J. Hu, P. Li, and X. Chen (2020), "A novel neutrosophic multi-criteria decision-making method based on Dempster -Shafer theory," Soft Computing, vol. 24, no. 11, pp. 8115–8128, doi :10.1007/s00500-019-04370-7.

Recibido: febrero 14, 2025. Aceptado: marzo 04, 2025

NCML
Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para la evaluación de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador.

Neutrosophical method for the evaluation of image rights regulations in the context of the digital society in Ecuador.

Manuel Richard Naranjo Rodríguez [1], Ignacio Fernando Barcos Arias [2], and Pedro David Yela Bustamante [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Babahoyo, Ecuador. manuelnr56@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Babahoyo, Ecuador. ub.ignaciobarcos@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Babahoyo, Ecuador. db.pedrodyb62@uniandes.edu.ec

Resumen. Este trabajo de investigación se enfoca en analizar los problemas que surgen del uso inadecuado de la imagen de las personas en entornos digitales. El aumento en el uso de las redes sociales ha expuesto a las personas a la apropiación no autorizada de su imagen por parte de terceros, lo cual se ve agravado por la ausencia de una regulación legal efectiva. En este contexto, el objetivo principal de la investigación es desarrollar un método neutrosófico para la evaluación de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador. Se realizó encuestas, además de una propuesta de reforma al artículo 41 de la Ley de Propiedad Intelectual y como resultado se obtuvo la apreciación de que la ausencia de regulación en cuanto a derechos de propiedad de imagen en los medios digitales deriva en el uso descontrolado y sin consentimiento de la imagen de los ciudadanos por parte de terceros. Este proceso de análisis contribuyó a enriquecer la investigación final, con el fin de respaldar su importancia y viabilidad en la protección de los derechos de imagen dentro de medios digitales en Ecuador.

Palabras Claves: método neutrosófico, derecho a la imagen, insuficiencia normativa, redes sociales.

Abstract. This research focuses on analyzing the problems that arise from the inappropriate use of people's images in digital environments. The increase in the use of social networks has exposed people to unauthorized appropriation of their images by third parties, which is aggravated by the absence of effective legal regulation. In this context, the main objective of the research is to develop a neutrosophic method for the evaluation of image rights regulations in the context of the digital society in Ecuador. Surveys were conducted, in addition to a proposal to reform article 41 of the Intellectual Property Law, and as a result, it was found that the absence of regulation regarding image property rights in digital media leads to the uncontrolled and non-consensual use of citizens' images by third parties. This analysis process contributed to enriching the final research, in order to support its importance and viability in the protection of image rights within digital media in Ecuador.

Keywords: neutrosophic method, right to image, regulatory insufficiency, social networks.

1 Introducción

La investigación titulada tiene como propósito evidenciar la situación actual de los individuos cuyas imágenes son utilizadas por terceros sin su consentimiento. Esta falta de normativas específicas genera descontento y deja a las personas vulnerables a abusos y violaciones a su privacidad. Por ello, se hace urgente desarrollar medidas legales que protejan los derechos fundamentales de quienes se ven afectados.

El derecho a la propiedad de imagen permite a su titular el control sobre el uso de su imagen. Sin embargo, su regulación se encuentra dispersa en el ordenamiento jurídico colombiano. En Chile, aunque hay limitaciones sobre el uso de imágenes en objetos y personas, su reconocimiento no es explícito en la Constitución ni en el Código Civil. Las amenazas a este derecho son múltiples, destacándose las redes sociales como espacios donde se explota la imagen de celebridades sin autorización [1].

Se ha observado que el concepto de "derecho a la imagen" carece de una definición clara y consistente en los ordenamientos jurídicos, tanto en el caso de Ecuador como en otros países, lo que agrava la problemática. En este contexto digital, el derecho a la imagen es fundamental para proteger la integridad y la intimidad de las personas, especialmente frente a los avances tecnológicos y la expansión de las redes sociales [2].

Con la creciente influencia de las redes sociales, se observa una mayor frecuencia de abusos en la utilización de imágenes sin consentimiento, lo que resalta la necesidad de una legislatura que limite este tipo de prácticas. El derecho a la imagen está estrechamente vinculado al derecho a la intimidad, originado en la dignidad humana. Esto implica que toda obtención, uso o reproducción de una imagen sin consentimiento previo es una violación a los derechos de la persona [3].

En Ecuador, la "Ley de Propiedad Intelectual" establece ciertos salvaguardias para la protección de la imagen, subrayando la importancia de obtener consentimiento para su uso. Esta ley busca regular la manera en que se interpretan las imágenes, asegurando el respeto hacia los derechos de las personas y de los creadores.

A medida que la tecnología avanza, la exposición de imágenes sin consentimiento en medios digitales se vuelve más común, tanto por empresas como por particulares, lo que pone de relieve la carencia de una regulación efectiva. El derecho a la propiedad de imagen permite a las personas exigir cómo se puede utilizar su imagen, ya que su difusión o reproducción requiere el consentimiento previo.

Las redes sociales, al ser una fuente continua de información en diversos formatos, también merecen considerarse. Aunque una imagen sea accesible públicamente, esto no otorga autorización a terceros para reproducirla sin consentimiento. En Ecuador, la exclusividad de una imagen es altamente valorada en el mercado, lo cual hace imprescindible contar con regulaciones adecuadas [4,46].

El desarrollo del derecho a la propiedad intelectual ha sido crucial para proteger los bienes creados por las personas, extendiéndose también al derecho a la propiedad de imagen. El derecho argentino, por su parte, reconoce que cada persona tiene la capacidad de decidir sobre el uso de su propia imagen, prohibiendo su utilización no autorizada.

En febrero de 2020, el Tribunal Constitucional español dictó un fallo enfatizando que la divulgación de imágenes en medios digitales no implica autorización para su uso por parte de terceros, lo que resultó en una indemnización para la víctima.

A partir de lo anterior, se observa una coincidencia en la necesidad de normativas que amparen a las personas en la esfera digital y que regulen el uso no autorizado de su imagen, un aspecto que actualmente carece de medidas concretas en los marcos jurídicos existentes.

2 Preliminares

La lógica neutrosófica (NL) es un armazón general para unificación de muchas lógicas existentes [5]. Generaliza la lógica borrosa (especialmente la lógica intuicionista borrosa). La idea importante de NL es caracterizar cada declaración lógica en un espacio 3D neutrosófico, donde cada dimensión del espacio representa la verdad (T) respectivamente, la falsedad (F), y indeterminancia (I) de la declaración baja consideración, donde T, I, F son estandarte o no estandarte real subconjunto de [-0, 1+] [[6], [7].

La unidad de intervalo clásico [0,1] se puede usado. T,I,F son componentes independientes dejando espacio para información incompleta (cuando la suma superior <1); para consecuente e información contradictoria; (cuando el suma superior >1) o información completa (suma de componentes =1)[8].

Los conjuntos neutrosóficos son una generalización de conjunto borroso, espacialmente de conjunto intuicionístico borroso. Deja ser U, un universo de discurso, y M un conjunto incluido en U [9-11]. Un elemento x de U es notado en respeto del conjunto M como x(T, I, F) y pertenece a M en el modo siguiente: Es t% verdad en el conjunto, i% indeterminante (desconocido si sea) en el conjunto, y f% falso, donde t varia en T, i varia en I, f varia en F[12-15]

Estadísticamente T, I, F son subconjuntos, pero dinámicamente T, I, F son funciones u operaciones dependiente de muchos parámetros desconocidos o conocidos [8], [16].

Con el propósito de facilitar la aplicación práctica a un problema de toma de decisiones y de la ingeniería se realizó la propuesta los Conjuntos Neutrosóficos de Valor Único [17] (SVNS por sus siglas en inglés) los cuales permiten el empleo de variable lingüísticas [18], [19] lo que aumenta la interpretabilidad en los modelos de recomendación y el empleo de la indeterminación [20-22].

Sea X un universo de discurso.Un SVNSA sobre X es un objeto de la forma.

$$A = \{\langle x, u_A(x), r_A(x), v_A(x)\rangle : x \in X\}d \tag{1}$$

donde $u_A(x): X \rightarrow [0,1]$, $r_A(x),: X \rightarrow [0,1]$ y $v_A(x): X \rightarrow [0,1]$ con $0 \leq u_A(x) + r_A(x) + v_A(x) :\leq 3$ para todo $x \in X$. El intervalo $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$denotan las membrecías a verdadero, indeterminado y falso de x en A, respectivamente. Por cuestiones de conveniencia un número SVN será expresado como $A = (a, b, c)$, donde a, b, $c \in [0,1]$, y $+ b + c \leq 3$.

3. Diseño del método para la evaluación de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador

El método neutrosófico propuesto consta de tres procesos principales, selección de perfiles, evaluación de las alternativas y selección de la base de conocimiento del perfil de semejanza. La Figura 1 muestra un esquema con el funcionamiento general del método propuesto.

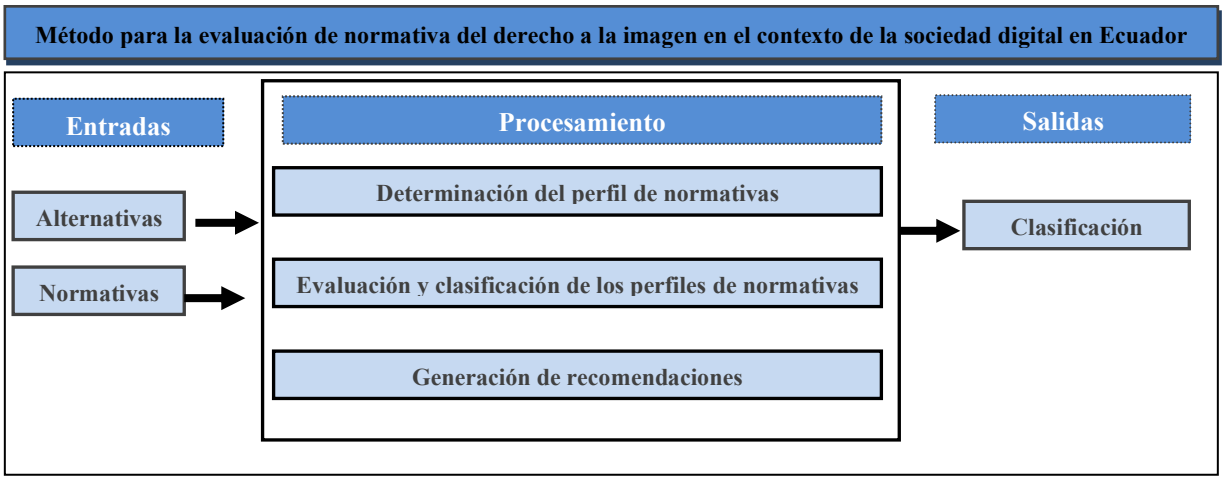


Figura 1: Esquema general del funcionamiento del método para la evaluación de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador.

A continuación, se presenta el flujo de trabajo. Está basado fundamentalmente en la propuesta de Cordón [23, 24], para sistemas de recomendación basados en conocimiento permitiendo representar términos lingüísticos y la indeterminación mediante números SVN [25-27]. La descripción detallada de cada una de sus actividades y del modelo matemático que soporta la propuesta es presentada a continuación.

3.1 Creación de la base de datos con los perfiles de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador

Cada uno de los casos a_i será descrito por un conjunto de características que conformarán el perfil de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador.

$$C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_l\} \tag{2}$$

Este perfil puede ser obtenido de forma directa a partir de los algoritmos computacionales utilizados para la captura de datos de los casos registrados de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador [28, 29]:

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \tag{3}$$

Las valoraciones de las características de los casos, a_j, serán expresadas utilizando la escala lingüística S, $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de término lingüísticos definidos para evaluar la característica c_k utilizando los números SVN [30-33]. Para esto los términos lingüísticos a emplear son definidos [34, 35].
Una vez descritos el conjunto casos de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador que representan las alternativas:

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \tag{4}$$

Los perfiles son guardados en una base de datos para su posterior recuperación.

3.2 Obtención del perfil de evaluación de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador En esta actividad se determina la información de los perfiles de evaluación de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador sobre las preferencias de estos almacenándose en un perfil de modo que:

$$P_e = \{p_1^e, \dots, p_k^e, \dots, p_l^e\} \tag{5}$$

El perfil estará integrado por un conjunto de atributos que caracterizan a los casos:

$$C^e = \{c_1^e, \dots, c_k^e, \dots, c_l^e\} \tag{6}$$

Donde $c_k^e \in S$

Este puede ser obtenido mediante ejemplo o mediante el llamado enfoque conversacional y mediante ejemplos los cuales pueden ser adaptados [36].

3.3 Filtrado de los perfiles de evaluación de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador

En esta actividad se filtran los perfiles de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador de acuerdo al perfil almacenado para encontrar cuáles son las más adecuadas según las características presentes. Con este propósito se calculada la similitud entre el perfil de los casos, P_e y cada perfil disponible $a_j$registrado en la base de datos [37-39]. Para el cálculo de la similitud total se emplea la siguiente expresión:

$$S_i = 1 - \left(\left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^{n} \left\{ \left(\left| a_{ij} - a_j^* \right| \right)^2 + \left(\left| b_{ij} - b_j^* \right| \right)^2 + \left(\left| c_{ij} - c_j^* \right| \right)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \tag{7}$$

La función S calcula la similitud entre los valores de los atributos del perfil de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador y los almacenados, a_j[40].

3.4 Generación de recomendaciones

Una vez calculada la similitud entre el perfil de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador y los almacenados en la base de datos, cada uno de los perfiles se ordenan de acuerdo a la similitud obtenida representados por el siguiente vector de similitud.

$$D = (d_1, \dots, d_n) \tag{8}$$

La mejor recomendación serán aquellas que mejor satisfagan las necesidades del perfil del caso, o sea, que presente mayor similitud.

4 Implementación del método propuesto

La presente sección describe la implementación del método propuesto para la evaluación de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador. La herramienta permite la obtención de datos confiables de especialistas multidisciplinarios con experiencia de más de 5 años en estos casos. A continuación se presenta un ejemplo demostrativo a partir del cual se parte de la base de datos que posee:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$$

Descrito por el conjunto de atributos

$$C = \{c_1, c_2, c_3, c_{4,}, c_5\}$$

Los atributos se valorarán en la siguiente escala lingüística (Tabla 1). Estas valoraciones serán almacenadas para nutrir la base de datos.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [41].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena(B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media(M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

La Tabla 2 muestra una vista con los datos utilizado en este ejemplo.

Tabla 2: Base de datos de perfiles de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador.

	c_1	c_2	c_3	c_4
a_1	MMB	B	B	B
a_2	M	B	M	B
a_3	M	B	B	M
a_4	MMB	B	B	B
a_5	M	B	B	M
a_6	MDB	M	MMB	MMB
a_7	MMB	B	B	M

Si un especialista del sistema de salud u_e, desea recibir las recomendaciones del sistema deberá proveer información al mismo expresando sus perfiles de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador. En este caso:

$$P_e = \{\text{MDB}, \text{M}, \text{MMB}, \text{MMB}\}$$

El siguiente paso en el ejemplo es el cálculo de la similitud entre el perfil de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador proporcionado como objeto de análisis y los perfiles almacenados en la base de datos.

Tabla 3: Similitud entre los perfiles almacenados y el perfil de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador proporcionado por u_e

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
0.20	0.10	0.05	0.25	0.15	0.95	0.15

En la fase de recomendación se recomendará aquel perfil que más se acerquen al perfil de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador proporcionado. Un ordenamiento de los perfiles basado en esta comparación sería el siguiente.

$$\{a_6, a_4, a_1, a_7, a_5, a_2, a_3\}$$

En caso de que el sistema recomendará los dos casos más cercanos, estas serían las recomendaciones:

$$a_6, a_4$$

La aplicación de las recomendaciones provee una vecindad lo más cercano al perfil comparativo para el ejemplo en cuestión la solución es:

$$a_6$$

La implementación de un sistema de recomendaciones basado en el método neutrosófico ha resultado ser un avance significativo e para la evaluación de normativa del derecho a la imagen en el contexto de la sociedad digital en Ecuador.

Discusiones

Para el proceso de definición de la población y muestra, se consideró una población total de 170 personas. Para el análisis de la muestra, se utilizó una calculadora digital (https://www.questionpro.com/es/calculadora-de-muestra.html), que arrojó un nivel de fiabilidad del 95% y un margen de error del 5%, resultando en una muestra de 119 personas. Como criterios de inclusión, se seleccionó un grupo focal formado por 110 comerciantes y operadores jurídicos vinculados al comercio, además de 3 jueces, 3 docentes universitarios y 3 abogados con título de cuarto nivel, especializados en derecho de la propiedad intelectual, todos residenciados en la ciudad de Babahoyo.

Encuesta a comerciantes y operadores jurídicos relacionados con el comercio:

1) En una escala del 1 al 10 donde 1 es poco y 10 es mucho ¿Qué tan injusto cree que sea que no exista normativa definida para el derecho de propiedad de imagen?

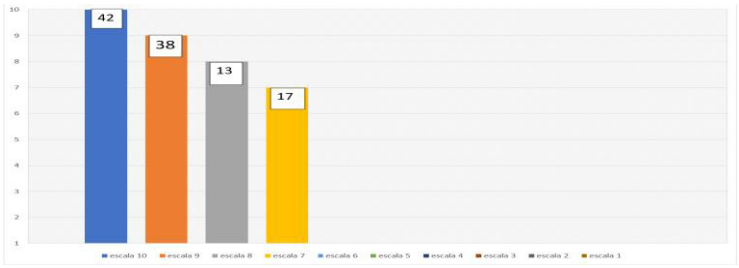


Figura 2: Representación de las repuestas a la pregunta 1.

Análisis: De la población encuestada los resultados fueron: la escala 10 equivale a 42 personas, la escala 9 equivale a 38 personas, la escala 8 equivale a 13 personas y la escala 7 equivale a 17 personas.

2) En una escala del 1 al 10 donde 1 es poco y 10 es mucho ¿Qué tanto cree que afecta la ausencia de normas para el derecho a la propiedad de imagen?

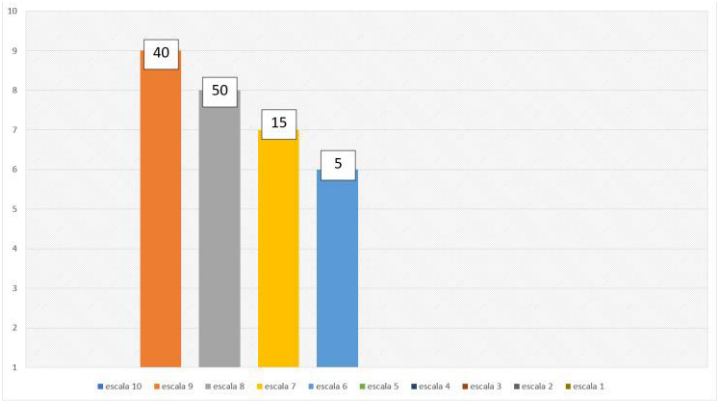


Figura 3: Representación de las repuestas a la pregunta 2.

Análisis: De la población encuestada los resultados fueron: la escala 9 equivale a 40 personas, la escala 8 equivale a 50 personas, la escala 7 equivale a 15 personas y la escala 6 equivale a 5 personas.

3) En una escala del 1 al 10 donde 1 es poco y 10 es mucho ¿Qué tanto está a favor de la implementación de normativas dirigidas al derecho a la propiedad de imagen?

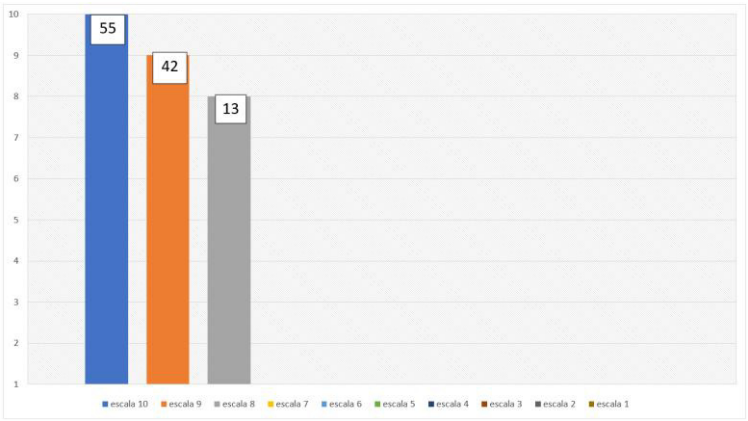


Figura 4: Representación de las repuestas a la pregunta 3.

Análisis: De la población encuestada los resultados fueron: la escala 10 equivale a 55 personas, la escala 9 equivale a 42 personas y la escala 8 equivale a 13 personas.

4) En una escala del 1 al 10 donde 1 es poco y 10 es mucho ¿Qué tan severas cree que deberían ser las sanciones de normativas del derecho a la propiedad de imagen?

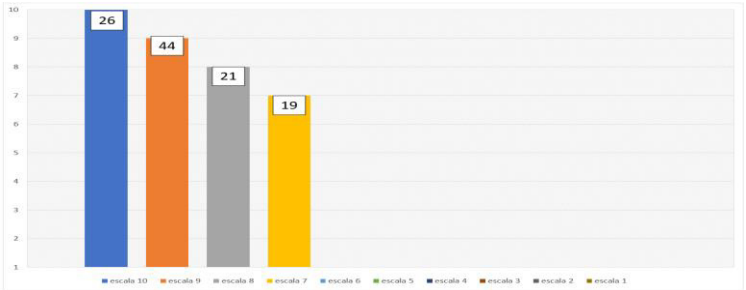


Figura 5: Representación de las repuestas a la pregunta 4.

Análisis: De la población encuestada los resultados fueron: la escala 10 equivale a 26 personas, la escala 9 equivale a 44 personas, la escala 8 equivale a 21 personas y la escala 7 equivale a 19 personas.

5) En una escala del 1 al 10 donde 1 es poco y 10 es mucho ¿Cree que la implementación de normativa de derecho a la propiedad de imagen tendría un impacto positivo en la situación actual?

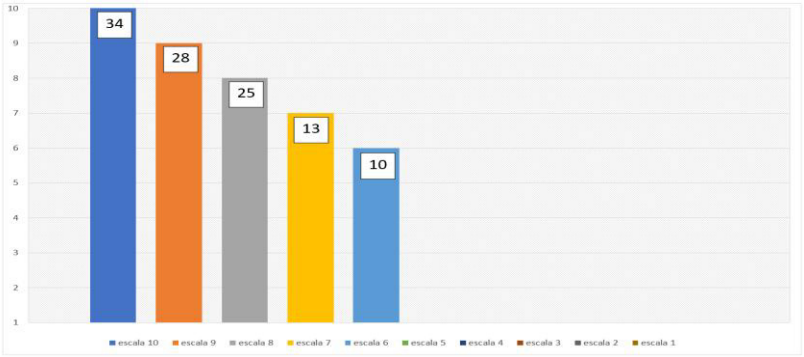


Figura 6: Representación de las repuestas a la pregunta 5.

Análisis: De la población encuestada los resultados fueron: la escala 10 equivale a 34 personas, la escala 9 equivale a 28 personas, la escala 8 equivale a 25 personas, la escala 7 equivale a 13 personas y la escala 7 equivale a 10 personas.

Mediante los resultados obtenidos, se aprecia la necesidad y sobre todo aplicación urgente de normativas dirigidas a que regulen el derecho a la imagen dentro del Ecuador, pues a partir del rendimiento entre las encuestas y entrevistas se demuestra lo retrasado que está el marco legal ecuatoriano en cuanto a formulación de leyes que protejan estas nuevas formas de abuso que se han originado en los tiempos actuales así como también la insatisfacción de las personas en cuanto a que no se atiendan estos temas como lo es la falta de normativa dirigida a proteger el derecho de propiedad de imagen.

Es necesario tomar en cuenta lo dicho por autores como [42] el cual dice que la divulgación de una imagen en un medio social digital no significa que se autoriza para que otros puedan hacer uso de esta de manera libre, y que la propagación de la imagen del afectado sea usada para fines como comercialización de productos o servicios hasta contenido falso o engañoso, hechos que dejan en evidencia la poca protección del derecho fundamental a la propia imagen [42,47].

Dentro de la encuesta realizada a comerciantes y operadores jurídicos relacionados con el comercio, los resultados señalan que la mayoría de las personas ve la inexistencia de normativa al derecho a la imagen como un vacío legal bajo el cual terceros de forma potencial se pueden aprovechar y explotar la imagen de las personas sin consentimiento alguno y que están a favor de que se atienda y se apliquen normativas dirigidas a atender y defender estos actos pues consideran que aquello traería cambios positivos a la situación.

Por tales motivos, se debe de tener en cuenta a lo tipificado en el artículo 66 en su numeral 18 en la Constitución de la república del Ecuador, el cual detalla que “se reconoce y garantizará a los individuos el derecho a su honor y buen nombre, que la ley protegerá la imagen y la voz de las personas.” Por lo tanto, es obligación del estado implementar normativa que se ajusten a estas necesidades [43,48].

Mediante las entrevistas realizadas a jueces, docentes universitarios y abogados expertos en derecho a propiedad intelectual se visualiza que estos tres grupos tienen opiniones similares a los de los comerciantes y operadores jurídicos relacionados con el comercio respecto al derecho a la propiedad de imagen, pero con un concepto mejor estructurado, pues coinciden en que la falta de tipicidad tiene el potencial de vulnerar derechos de personas sobre que se use su imagen sin consentimiento.

Bajo este contexto, cobra fuerza la carta universal de los derechos humanos (1948) estipula en el artículo 12 que, nadie será objeto de entrometimientos dentro de su vida privada, así como por medio de la familia, hoja, entre otros, ni tampoco recibirá daños a su honra o reputación, pues todas las personas tienen derecho a que la ley los proteja contra dichos ataques o injurias. Por lo tanto, el derecho a la propiedad de imagen debe nivelarse a las necesidades actuales para proteger estos actos de vulneración que se dan en la actualidad

De la misma forma en las entrevistas realizadas, los entrevistados manifestaron que no existen desafíos complejos para la implementación de normativa dirigida al derecho de propiedad de imagen, pues existe leyes similares dentro de la “Ley de Propiedad Intelectual” por lo tanto se debería revisar los puntos a tener en cuenta al momento de formularla, pues coinciden que es un tema que debe darse la importancia que le corresponde.

La cotidianeidad del uso de los medios digitales en internet lleva a nuevas prácticas que son comúnmente

aceptadas entre los usuarios dentro de la sociedad digital, dentro de las cuales se encuentran la publicación y uso indebido de las imágenes de otras personas sin el consentimiento previo. Por lo cual se debe dar suma importancia a crear normativas que protejan el derecho a la propiedad de imagen de las personas y su información personal.

En lo manifestado por [44,49] se señala que los medios digitales han revolucionado la manera en que las personas se contactan e intercambian información, pero que, del mismo modo, el uso de estas plataformas puede tener un impacto significativo en los derechos personalísimos tanto de los usuarios/as como de terceros, pues se da de manera ordinaria la utilización de la imagen sin consentimiento, donde los usuarios/as violentan el derecho a la imagen de terceros publicando fotos y videos de una persona que no haya prestado su consentimiento[44,50].

Siguiendo esta línea, se debe considerar también lo expuesto en el "Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos" el cual en su artículo 4, numeral 2 se expone que: "los derechos intelectuales sirven como una herramienta para la correcta gestión de los conocimientos, lo cual asegurarán un buen equilibrio entre sus titulares y usuarios." Por lo tanto, se debe gestionar normativa que se equipare a las necesidades actuales como lo son la regulación de derechos de propiedad de imagen en entornos digitales [45,51,52].

Los resultados obtenidos entre las encuestas y entrevistas manifiestan de forma general que el derecho a la propiedad de imagen es un tema significativo, el cual no puede ser ignorado y que debe de ser atendido de manera urgente para que sea incluido en el marco legal ecuatoriano, para de esta forma aspirar a un cambio positivo en beneficio de la sociedad y así garantizar mayor respeto a la privacidad e integridad de las personas.

5 Conclusión

En el transcurso de esta investigación se lograron cumplir los objetivos planteados, destacando que la insuficiencia normativa del derecho a la propiedad de imagen en el contexto digital afecta negativamente el uso descontrolado de las imágenes de los ciudadanos por parte de terceros, ya sea con fines comerciales o malintencionados, vulnerando así un derecho personal fundamental. Esta conclusión se basa en los fundamentos teóricos y jurídicos de diversos autores relevantes, lo que indica que, de no implementarse una normativa adecuada para abordar este problema, el descontento y la insatisfacción respecto a la regulación de la propiedad de imagen continuarán creciendo en la sociedad.

A lo largo de la investigación, se analizó la actual situación de la insuficiencia normativa en cuanto al derecho a la propiedad de imagen, apoyándose en los resultados obtenidos de encuestas y entrevistas. Se evidenció que la falta de legislación que regule la propiedad de imagen en entornos digitales constituye un vacío legal que es aprovechado por terceros, quienes utilizan las imágenes de las personas con fines comerciales y maliciosos. Esta situación genera incomodidad entre los afectados, quienes consideran injustas estas prácticas y se sienten desprotegidos, ya que no cuentan con leyes que respalden sus derechos.

Referencias

[1] D. F. G. Delgado, "El contexto actual del derecho de la imagen en Colombia," *Rev. Prop. Inmaterial,* vol. 21, pp. 47, 2016.

[2] J. E. Aillapán Quinteros, "El derecho a la propia imagen:¿ derecho personalísimo?,¿ derecho fundamental? Precisiones terminológicas para el ordenamiento jurídico chileno," *Revista chilena de derecho,* vol. 43, no. 2, pp. 433-459, 2016.

[3] L. Germán Ortega-Ruiz, and A. Forero Forero, "El derecho de Rectificación en las Redes Sociales," *Verba Iuris*, no. 40, 2018.

[4] E. L. F. Ávalos, and X. P. García, "Protección al derecho a la imagen ya la voz ante las tecnologías de la información y comunicación," *Estudios en derecho a la información*, no. 7, pp. 3-27, 2019.

[5] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[6] F. Smarandache, "A unifying field in Logics: Neutrosophic Logic," *Philosophy*, pp. 1-141: American Research Press, 1999.

[7] F. Smarandache, and S. Pramanik, *New trends in neutrosophic theory and applications*: Infinite Study, 2016.

[8] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[9] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[10] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[11] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[12] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.

[13] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[14] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.
[15] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.
[16] F. Smarandache, and T. Paroiu, *Neutrosofia ca reflectarea a realităţii neconvenţionale*: Infinite Study, 2012.
[17] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, "Single valued neutrosophic sets," *Review of the Air Force Academy*, no. 1, pp. 10, 2010.
[18] M. Y. L. Vázquez, K. Y. P. Teurel, A. F. Estrada, and J. G. González, "Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingenieria y Universidad: Engineering for Development,* vol. 17, no. 2, pp. 375-390, 2013.
[19] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.
[20] M. Saqlain, M. Saeed, M. R. Ahmad, and F. Smarandache, *Generalization of TOPSIS for Neutrosophic Hypersoft set using Accuracy Function and its Application*: Infinite Study, 2019.
[21] N. ValcÃ, and M. Leyva-VÃ, "Validation of the pedagogical strategy for the formation of the competence entrepreneurship in high education through the use of neutrosophic logic and Iadov technique," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 23, pp. 45-51, 2018.
[22] C. M. Villamar, J. Suarez, L. D. L. Coloma, C. Vera, and M. Leyva, *Analysis of technological innovation contribution to gross domestic product based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers*: Infinite Study, 2019.
[23] L. G. P. Cordón, "Modelos de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico," Universidad de Jaén, 2008.
[24] M. R. M. Arroyave, A. F. Estrada, and R. C. González, "Modelo de recomendación para la orientación vocacional basado en la computación con palabras [Recommendation models for vocational orientation based on computing with words]," *International Journal of Innovation and Applied Studies,* vol. 15, no. 1, pp. 80, 2016.
[25] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.
[26] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.
[27] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.
[28] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.
[29] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.
[30] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.
[31] J. E. Ricardo, A. J. Fernández, and M. Y. Vázquez, "Compensatory Fuzzy Logic with Single Valued Neutrosophic Numbers in the Analysis of University Strategic Management," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 18, no. 4, 2022.
[32] M. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and F. Smarandache, *Enhancing set-theoretic research methods with neutrosophic sets*: Infinite Study, 2024.
[33] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, *La Neutrosofía como herramienta para abordar la vaguedad lingüística en el análisis de textos de dilemas etico*: Infinite Study, 2024.
[34] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.
[35] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.
[36] L. Pérez, "Modelo de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico," Tesis doctoral. Universidad de Jaén, 2008.
[37] J. P. Ramos-Carpio, O. J. A. Machado, J. E. Ricardo, and A. B. M. Vasquez, "Assessing Higher Education's Role in Personality Formation Using NeutroAlgebra," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 71, pp. 50-57, 2024.
[38] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.
[39] M. Y. L. Vázquez, N. B. Hernández, J. E. Ricardo, and J. F. G. García, "Aplicación de análisis de sentimientos y enfoques neutrosóficos para la comprensión de información textual en la investigación," *Revista Conrado,* vol. 19, no. 94, pp. 294-300, 2023.
[40] K. Pérez-Teruel, M. Leyva-Vázquez, and V. Estrada-Sentí, "Mental Models Consensus Process Using Fuzzy Cognitive Maps and Computing with Words," *Ingenieria y Universidad,* vol. 19, no. 1, pp. 7-22, 2015.
[41] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[42] L. F. Anarte, "Facebook y el derecho a la imagen: Reflexiones en torno a la STC 27/2020, de 24 de febrero," *Estudios de Deusto: revista de Derecho Público,* vol. 68, no. 1, pp. 335-376, 2020.
[43] A. C. Del Ecuador, "Constitución de la República del Ecuador," *Quito: Tribunal Constitucional del Ecuador. Registro oficial Nro,* vol. 449, pp. 79-93, 2008.
[44] F. A. Addati, "La afectación de los derechos personalísimos por el uso de redes sociales en la República Argentina," 2023.
[45] R. M. Martínez Hernández, "Código Orgánico De La Economía Social De Los Conocimientos, Creatividad E Innovación y las Sociedades de Gestión Colectiva," 2018.
[46] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.
[47] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.
[48] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.
[49] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024
[50] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.
[51] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024
[52] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 15, 2025. Aceptado: marzo 05, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para evaluar la ciberseguridad en la ciudad de Babahoyo.

Neutrosophic approach to assess cybersecurity in the city of Babahoyo.

Christian Emmanuel Bohórquez Rizzo [1], Daybelis Fernanda Olaya Ponce [2], Andrea Nahime Coello Huilcapi [3], and Vanessa Josefa Hernández Alvarado [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Babahoyo. Ecuador. christianbr55@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Babahoyo. Ecuador. daybelisop77@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Babahoyo. Ecuador. andreach77@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Babahoyo. Ecuador. ub.vanessahernandez@uniandes.edu.ec

Resumen. El presente estudio tiene como objetivo desarrollar un Método neutrosófico para evaluar la ciberseguridad en la ciudad de Babahoyo. Se analizan los retos actuales en ciberseguridad, centrándose en la vulneración del derecho a la protección de datos personales y en las insuficientes medidas de seguridad existentes. Mediante métodos empíricos y teóricos, como la observación científica, medición y estudios de caso, se evalúa la situación actual de la ciberseguridad en la ciudad, resaltando la importancia de adoptar un enfoque integral que contemple los ciberataques sin desvirtuar el foco en la protección de la información. Los hallazgos evidencian una necesidad urgente de fortalecer la educación en ciberseguridad y de implementar políticas más efectivas que aseguren la protección de los datos personales de los ciudadanos. Se concluye que es vital mejorar la ciberseguridad en Babahoyo para garantizar la privacidad y salvaguardar la seguridad de los individuos en un entorno digital que evoluciona constantemente. Así, el desarrollo de un Método neutrosófico se presenta como una herramienta esencial para la evaluación y mejora continua de las prácticas de ciberseguridad en la región.

Palabras Claves: método neutrosófico, cibercrimen, ciberseguridad, protección de datos, políticas de seguridad.

Abstract. The present study aims to develop a Neutrosophic Method to assess cybersecurity in the city of Babahoyo. The current challenges in cybersecurity are analyzed, focusing on the violation of the right to the protection of personal data and the insufficient existing security measures. Using empirical and theoretical methods, such as scientific observation, measurement and case studies, the current situation of cybersecurity in the city is evaluated, highlighting the importance of adopting a comprehensive approach that considers cyberattacks without distorting the focus on the protection of information. The findings show an urgent need to strengthen cybersecurity education and implement more effective policies that ensure the protection of citizens' personal data. It is concluded that it is vital to improve cybersecurity in Babahoyo to guarantee privacy and safeguard the security of individuals in a digital environment that is constantly evolving. Thus, the development of a Neutrosophic Method is presented as an essential tool for the evaluation and continuous improvement of cybersecurity practices in the region.

Keywords: Neutrosophic method, cybercrime, cybersecurity, data protection, security policies.

1 Introducción

En la actualidad, la salvaguarda de los datos personales y la seguridad en el entorno digital son aspectos esenciales para el avance y la integridad de las comunidades [1]. A medida que las Tecnologías de la Información y la Comunicación se integran cada vez más en la vida diaria, los riesgos asociados a la exposición de datos sensibles y la ciberdelincuencia han aumentado significativamente [2]. Este contexto ha generado la necesidad de establecer medidas sólidas y efectivas que no solo resguarden la privacidad de los individuos, sino que también fomenten la confianza en los sistemas digitales [3]. Así, se vuelve imperativo abordar de manera integral la ciberseguridad, garantizando que las personas y las organizaciones puedan interactuar en línea de forma segura y eficiente [4].

En la era digital, la protección de la información personal y la ciberseguridad se han convertido en pilares fundamentales para el desarrollo de cualquier sociedad. En la ciudad de Babahoyo, estos aspectos cobran una

relevancia especial debido a los crecientes riesgos asociados con el cibercrimen. La importancia de este estudio radica en la necesidad de comprender y mitigar estos riesgos, garantizando así la seguridad y privacidad de los ciudadanos en un entorno cada vez más digitalizado.

Actualmente, la ciberseguridad es un tema de gran actualidad a nivel global, y Babahoyo no es la excepción. La digitalización de los servicios públicos y privados ha expuesto a la ciudad a nuevas amenazas cibernéticas que requieren una atención urgente [5]. Este trabajo se enfoca en analizar las estrategias y medidas de seguridad implementadas en Babahoyo, evaluando su eficacia y proponiendo mejoras para enfrentar los desafíos del mundo digital.

Los antecedentes de esta investigación se centran en la creciente incidencia de cibercrimen en diversas ciudades del mundo, incluyendo Babahoyo [6]. La falta de medidas de seguridad adecuadas y la vulnerabilidad de los sistemas de información han llevado a múltiples incidentes de violación de datos y ataques cibernéticos [7,26]. Este contexto subraya la necesidad de un análisis profundo y detallado de las prácticas actuales de ciberseguridad en la ciudad.

La problemática principal en Babahoyo se centra en la vulneración del derecho a la protección de datos personales y el incumplimiento de un tratamiento legítimo de la información en la alcaldía. En este contexto, la investigación tiene como objetivo desarrollar un Método neutrosófico para evaluar la ciberseguridad en la ciudad, buscando mejorar la protección de la privacidad y la seguridad de la información de los ciudadanos. A través de este estudio, se busca identificar los retos actuales y proponer estrategias que fortalezcan la ciberseguridad, incrementando así la confianza en las instituciones públicas. Es fundamental promover una gestión responsable y ética de la información personal, asegurando que el sistema de ciberseguridad en Babahoyo no solo sea robusto, sino también alineado con los derechos de los ciudadanos a la protección de sus datos en un entorno digital.

2 Materiales y métodos

La toma de decisiones es un proceso de selección entre cursos de alternativas, basado en un conjunto de criterios, para alcanzar uno o más objetivos [8]. La toma de decisiones es definida como [9]: el proceso de identificación de un problema u oportunidad y la selección de una alternativa de acción entre varias existentes, es una actividad diligente clave en todo tipo de organización. Un proceso de toma de decisiones donde varían los objetos o decisiones, es considerado como un problema de toma de decisiones multicriterio [10]. La evaluación multicriterio constituye una optimización con varias funciones objetivo simultaneas y un agente decisor. La ecuación 1 formaliza el problema planteado.

$$Max = F(x), x \in X \tag{1}$$

Donde:

x: es un vector $[x_1, , x_n]$ de las variables de decisión.

X: es la denominada región factible. Representa el dominio de valores posible que puede tomar la variable.

F(x): es un vector $[F_1 x, , F_n x]$ de las P funciones objetivos que recogen los criterios.

Max: representa la función a maximizar, esta no es restrictiva.

Específicamente los problemas multicriterio discretos constan básicamente de dos tipos de datos que constituyen el punto de partida para diferentes problemas de toma de decisiones multicriterio discreto (DMD).

2.1 Tomas de decisiones

Cada problema de toma de decisiones presenta características únicas, lo que significa que no existe un enfoque universal que pueda aplicarse en todos los casos. Debido a la diversidad de situaciones, se puede establecer un procedimiento general que sirva como guía para la resolución de problemas. Este procedimiento puede incluir etapas como la identificación del problema, la recopilación y análisis de información, la generación de alternativas, la evaluación de opciones y, finalmente, la implementación de la decisión elegida. La aplicación de un esquema estructurado, como se muestra en la Figura 1, permite a los tomadores de decisiones navegar de manera más eficaz por el proceso y abordar los desafíos de manera más sistemática. Esto no solo facilita una mejor comprensión del problema en cuestión, sino que también promueve una toma de decisiones más informada y basada en datos.

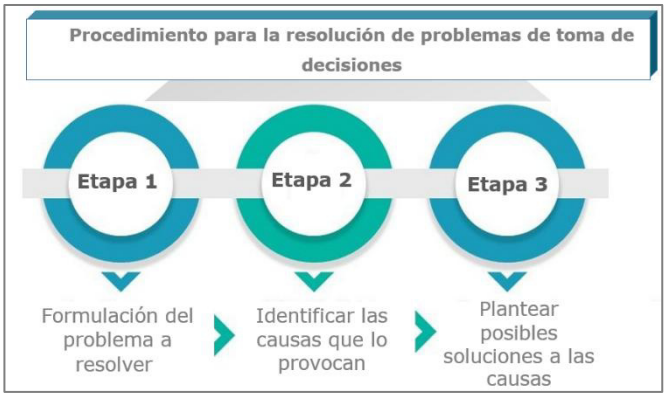


Figura 1: Procedimiento para la resolución de problemas de toma de decisiones.

Para la resolución de problemas de toma de decisiones, diversos han sido los métodos multicriterios propuestos. Cuando se desea emitir una ponderación para una determinada alternativa, los métodos de ordenamiento y agregación representan una forma viable para su aplicación [11,27]. Dentro de los métodos multicriterio clásicos se encuentra la ponderación lineal. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 2.

$$R_i = \sum_j W_j \, r_{ij} \tag{2}$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto *m* de alternativas y *n* criterios [12, 13]. Para cada criterio *j* el decisor estima cada alternativa *i*. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio. Se asigna un peso $W_j(j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j.

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [14, 15]. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [16, 17]. Un número neutrosófico (N) se representa de la siguiente forma [18, 19]:

Definición 1: Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$, una valuación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene [20-22]:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{3}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,
I: representa la falsedad,
F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 4:

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)} \, r_{ij(T,I,F)} \tag{4}$$

Donde:

- $R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- $W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_j$ asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- $r_{ij:}$ representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

3 Diseño del método neutrosófico para evaluar la ciberseguridad en la ciudad de Babahoyo

El método neutrosófico propuesto está diseñado para evaluar la ciberseguridad en la ciudad de Babahoyo, centrándose en la vulneración del derecho a la protección de datos personales y en las insuficientes medidas de seguridad existentes. Basa su funcionamiento a partir de técnicas multicriterio, multiexperto donde se modela el

cumplimiento de los criterios necesarios para la evaluación. Utiliza en su inferencia el método multicriterio Ponderación Lineal Neutrosófica. El método está diseñado mediante una estructura de tres etapas:

Etapa 1: Identificación de los criterios evaluativos

Representa el conjunto de criterios que se valoran para evaluar la ciberseguridad. Constituye un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\},\ \text{n} \geq 2$, criterios que se valoran para evaluar la ciberseguridad en la ciudad de Babahoyo.

Etapa 2: Determinación de los pesos

Para la determinación de los pesos asociados a los criterios evaluativos, se utiliza un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\},\ m \geq 2$, donde E, representa los expertos que intervienen en el proceso.

Etapa 3: evaluación neutrosófica para evaluar la ciberseguridad en la ciudad de Babahoyo

La etapa de evaluación representa el procesamiento del método para emitir el resultado de la inferencia propuesta. Se procesan los datos empleando el método de la ponderación lineal mediante la ecuación 4. Como resultado se evalúa el nivel de ciberseguridad en la ciudad de Babahoyo, centrándose en la vulneración del derecho a la protección de datos personales y en las insuficientes medidas de seguridad existentes.

4 Resultados y discusión

Para la implementación del método propuesto se realizó un estudio de caso donde se analizó el comportamiento de los criterios evaluativos para evaluar la ciberseguridad. Para este estudio de caso, se tomó como referencia la en la ciudad de Babahoyo, Ecuador, en el periodo de 2024. Obteniéndose los siguientes resultados:

Etapa 1: Identificación de los criterios evaluativos

Para identificar los criterios que permitan evaluar el nivel de ciberseguridad en la ciudad de Babahoyo, se consultó a un total de 11 expertos en diversas áreas del conocimiento. Este panel estuvo compuesto por profesionales con diversas competencias y experiencia en áreas relevantes como la ciberseguridad, la protección de datos, la informática forense, la seguridad de la información, el derecho digital y la educación en tecnología. Este enfoque multidisciplinario garantiza que se consideren múltiples perspectivas al evaluar los aspectos críticos de la ciberseguridad, así como el marco legal y ético relacionado con la protección de datos personales. El grupo está caracterizado por su formación académica sólida, con miembros que poseen títulos de posgrado y certificaciones en sus respectivas áreas, lo que les permite realizar un análisis integral y fundamentado sobre la situación actual de la ciberseguridad en la ciudad.

A continuación, se presentan los 12 criterios evaluativos sugeridos por los expertos para evaluar el nivel de ciberseguridad en la ciudad de Babahoyo:

Tabla 1: Criterios para evaluar el nivel de ciberseguridad en la ciudad de Babahoyo.

ID	Criterios
C_1	Cumplimiento de normativas: Evaluación del grado de cumplimiento de las leyes y regulaciones sobre protección de datos.
C_2	Capacitación en ciberseguridad: Grado de formación y capacitación del personal en temas de ciberseguridad.
C_3	Infraestructura tecnológica: Evaluación de la calidad y actualización de la infraestructura tecnológica utilizada para proteger datos.
C_4	Políticas de seguridad: Existencia y efectividad de políticas y procedimientos de seguridad de la información.
C_5	Gestión de incidentes: Capacidad de respuesta ante incidentes de seguridad y protocolo de recuperación.
C_6	Concienciación del usuario: Nivel de concienciación de los ciudadanos sobre las prácticas de seguridad en línea.
C_7	Protección de datos personales: Efectividad de las medidas implementadas para salvaguardar los datos personales de los usuarios.
C_8	Evaluación de riesgos: Proceso de identificación y evaluación de riesgos asociados a la seguridad de la información.
C_9	Accesibilidad a la información: Facilidad de acceso a información relacionada con la ciberseguridad para los ciudadanos.
C_{10}	Colaboración institucional: Grado de colaboración entre las instituciones locales para abordar problemas de ciberseguridad.

ID	Criterios
C_{11}	Actualización de sistemas: Frecuencia y efectividad de la actualización de software y sistemas de seguridad.
C_{12}	Resiliencia cibernética: Capacidad de la infraestructura de ciberseguridad para resistir y recuperarse de ataques.

Etapa 2: Determinación de los pesos

Para la etapa de determinación de los pesos atribuidos a los criterios, se realizó la consulta al panel de expertos que expresaron sus valoraciones sobre los criterios. Se obtuvieron las tablas valorativas las cuales fueron agregadas en una tabla resultante mediante números neutrosóficos definidos en la tabla 2.

Tabla 2: Términos lingüísticos empleados.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente alto(EA)	[1,0,0]
Muy muy alto (MMA)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy alto (MA)	[0.8,0,15,0.20]
Alto (A)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente alto (MDA)	[0.60,0.35,0.40]
Media(M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente bajo (MDB)	[0.40,0.65,0.60]
Bajo (B)	[0.30,0.75,0.70]
Muy bajo (MB)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy bajo (MMB)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente bajo (EB)	[0,1,1]

La tabla 3 muestra el resultado de la valoración de los criterios una vez realizado el proceso de agregación.

Tabla 3: Peso atribuido a los criterios a partir de la consulta a expertos.

Criterios	Valoración del criterio $W_{(T,I,F)}$
C_1	[1,0,0]
C_2	[0.50,0.50,0.50]
C_3	[1,0,0]
C_4	[1,0,0]
C_5	[0.9, 0.1, 0.1]
C_6	[0.8,0,15,0.20]
C_7	[0.50,0.50,0.50]
C_8	[0.9, 0.1, 0.1]
C_9	[0.8,0,15,0.20]
C_{10}	[0.50,0.50,0.50]
C_{11}	[0.9, 0.1, 0.1]
C_{12}	[0.8,0,15,0.20]

Etapa 3: evaluación neutrosófica del nivel de ciberseguridad en la ciudad de Babahoyo

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas y el desarrollo de los criterios definidos, se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia de cada criterio para el caso de estudio. La tabla 4 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 4: Procesamiento del sistema de toma de decisiones.

Criterios	Pesos $W_{(T,I,F)}$	Preferencias	$R_{i(T,I,F)}$
C_1	[1,0,0]	[0.50,0.50,0.50]	[0.75,0.25,0.30]
C_2	[0.50,0.50,0.50]	[0.75,0.10,0.15]	[0.62,0.25,0.30]
C_3	[1,0,0]	[0.50,0.50,0.50]	[0.75,0.25,0.30]
C_4	[1,0,0]	[0.50,0.50,0.50]	[0.75,0.25,0.30]
C_5	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.50,0.50,0.50]	[0.7,0.25,0.30]
C_6	[0.8,0,15,0.20]	[0.50,0.50,0.50]	[0.65,0,15,0.20]
C_7	[0.50,0.50,0.50]	[0.75,0.10,0.15]	[0.62,0,15,0.20]
C_8	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.75,0.10,0.15]	[0.82,0,15,0.20]

Criterios	Pesos $W_{(T,I,F)}$	Preferencias	$R_{i(T,I,F)}$
C_9	[0.8,0,15,0.20]	[0.50,0.50,0.50]	[0.65,0,15,0.20]
C_{10}	[0.50,0.50,0.50]	[0.50,0.50,0.50]	[0.50,0.50,0.50]
C_{11}	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_{12}	[0.8,0,15,0.20]	[0.50,0.50,0.50]	[0.65,0,15,0.20]
Índice			[0.61,0,15,0.20]

Para el caso de análisis se evidencia un índice de 0.61 lo que representa un índice Medianamente bajo (MDB) del nivel de ciberseguridad en la ciudad de Babahoyo. El resultado expresa que el cumplimiento de los indicadores se comporta de forma todavía insuficiente. Adicionalmente, se realizó una encuesta a 70 personas en Babahoyo para evaluar la percepción sobre la ciberseguridad y el cibercrimen en la ciudad. El procedimiento consistió en aplicar un cuestionario estructurado que incluía preguntas cerradas, donde los encuestados debían responder en una escala de Likert de cinco categorías, que iban desde totalmente en desacuerdo, hasta totalmente de acuerdo. Esto permitió obtener datos cuantitativos sobre las experiencias y opiniones de los ciudadanos en relación a la ciberseguridad. A continuación se resumen los principales resultados:

Tabla 5: Resultados de la encuesta a pobladores de Babahoyo.

Pregunta	Media	Desviación estándar
¿Ha sido víctima de algún delito cibernético en la ciudad de Babahoyo que haya afectado sus intereses o vulnerado sus derechos?	3.45	1.12
¿Considera que el robo de información personal es un problema grave en materia de ciberseguridad en Babahoyo?	4.10	0.95
¿Cree que las autoridades locales están tomando las medidas adecuadas para combatir el cibercrimen en Babahoyo?	2.80	1.15
¿Considera que las medidas de seguridad cibernética son importantes para protegerse de posibles delitos en línea en Babahoyo?	4.25	0.85
¿Considera que la educación sobre ciberseguridad es suficiente en Babahoyo para prevenir y proteger a los ciudadanos de posibles ataques cibernéticos?	2.50	1.10

Los resultados de la encuesta revelan varias percepciones significativas sobre la ciberseguridad en Babahoyo. La media de respuestas indica que un número considerable de encuestados ha sido víctima de delitos cibernéticos, lo que subraya la prevalencia de este problema en la ciudad. Además, la alta calificación sobre la gravedad del robo de información personal sugiere que los ciudadanos están muy conscientes de los riesgos asociados con la ciberseguridad.

Por otro lado, la percepción negativa sobre la efectividad de las medidas adoptadas por las autoridades locales resalta una falta de confianza en la gobernanza de la ciberseguridad. Esta desconfianza puede estar alimentando la sensación de vulnerabilidad entre los ciudadanos, lo que a su vez puede llevar a una mayor preocupación por su seguridad en línea.

En cuanto a las medidas de seguridad cibernética, los encuestados mostraron una clara preferencia por prácticas como la actualización regular de contraseñas, lo que indica un nivel básico de conciencia sobre la ciberseguridad. Sin embargo, la percepción de que la educación en este ámbito es insuficiente destaca la necesidad de implementar programas de formación más efectivos. Estos resultados indican la necesidad de preparar a los ciudadanos a enfrentar las amenazas cibernéticas y fomentar un entorno digital más seguro en Babahoyo.

5 Discusiones

Los resultados del análisis revelan un índice de 0.42, lo que indica un nivel medianamente bajo (MDB) de ciberseguridad en la ciudad de Babahoyo. Esta calificación sugiere que las prácticas y protocolos existentes para proteger la información personal de los ciudadanos son aún insuficientes. Entre las principales deficiencias identificadas, se destaca el incumplimiento de normativas de protección de datos y la falta de capacitaciones adecuadas para los empleados públicos en temas de ciberseguridad. La percepción de vulnerabilidad ante ataques cibernéticos es evidente, lo que refleja un entorno preocupante para la protección de datos personales y la confianza de los ciudadanos en las instituciones locales. [28,29]

Además, el análisis subraya la escasez de políticas de seguridad efectivas y la inadecuada infraestructura tecnológica que debería respaldar la seguridad de la información. También se identificó la necesidad de mejorar la gestión de incidentes, ya que la capacidad de respuesta ante posibles ataques es limitada. Esto crea un riesgo significativo tanto para la información personal como para la integridad de las instituciones que gestionan estos

datos. [30]

En este sentido, se recomienda la implementación de buenas prácticas que podrían fortalecer la ciberseguridad en Babahoyo. La promoción de programas de capacitación continua sobre ciberseguridad para el personal gubernamental es crucial, así como la creación de campañas de concienciación para educar a los ciudadanos sobre prácticas seguras en línea [23,31]. Además, se sugiere la elaboración e implementación de políticas de seguridad más robustas y actualizaciones periódicas de sistemas de seguridad [24]. Finalmente, fomentar la colaboración entre las diferentes instituciones locales e involucrar a la comunidad en iniciativas de seguridad cibernética puede ser clave para avanzar hacia un entorno digital más seguro y resiliente [25,32].

6 Conclusión

Los resultados arrojados a partir del desarrollo del método neutrosófico propuesto, revelan una preocupante situación de ciberseguridad en Babahoyo, caracterizada por altos niveles de ciberdelincuencia y percepciones negativas sobre la eficacia de las medidas de seguridad actuales. La creciente preocupación por el robo de identidad y la falta de confianza en los gobiernos locales para abordar estos problemas resaltan la necesidad urgente de mejorar las políticas y la educación en materia de ciberseguridad en este campo. Es de vital importancia implementar estrategias más efectivas y aumentar la capacidad de respuesta a incidentes cibernéticos. Las recomendaciones incluyen revisar y actualizar las políticas de ciberseguridad, implementar programas de capacitación y concientización más efectivos y promover una cultura de seguridad entre los ciudadanos. Además, es importante mejorar la comunicación y la transparencia de los gobiernos locales para restablecer la confianza pública. El estudio destaca la importancia de adoptar un enfoque integral que combine medidas tecnológicas, legales y educativas para abordar eficazmente los problemas de ciberdelincuencia. Sólo mediante esfuerzos coordinados y multifacéticos se podrá garantizar la seguridad y la privacidad de los ciudadanos en la era digital.

Referencias

[1] M.-J. Sule, M. Zennaro, and G. Thomas, "Cybersecurity through the lens of digital identity and data protection: issues and trends," *Technology in Society,* vol. 67, pp. 101734, 2021.

[2] S. Wang, M. Asif, M. F. Shahzad, and M. Ashfaq, "Data privacy and cybersecurity challenges in the digital transformation of the banking sector," *Computers & security,* vol. 147, pp. 104051, 2024.

[3] M. Lubis, and D. O. D. Handayani, "The relationship of personal data protection towards internet addiction: Cyber crimes, pornography and reduced physical activity," *Procedia Computer Science,* vol. 197, pp. 151-161, 2022.

[4] Y.-l. Liu, L. Huang, W. Yan, X. Wang, and R. Zhang, "Privacy in AI and the IoT: The privacy concerns of smart speaker users and the Personal Information Protection Law in China," *Telecommunications Policy,* vol. 46, no. 7, pp. 102334, 2022.

[5] N. N. Acosta Cortez, "Impacto de la inteligencia artificial en la ciberseguridad empresarial: un análisis crítico de la evolución de amenazas y medidas preventivas," Babahoyo: UTB-FAFI. 2024, 2024.

[6] W. E. Villacis Silva, "Análisis comparativo entre los sistemas operativos Windows Xp y Kali Linux para el ataque y prevención de su ciberseguridad," Babahoyo: UTB-FAFI. 2022, 2022.

[7] P. M. M. Sánchez, and L. D. R. Barrezueta, "Centros de datos verdes en Ecuador: Una estrategia para disminuir la emisión de CO2 en los Centros de Datos ecuatorianos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 16, no. 1, pp. 1-18, 2023.

[8] S. Herbert, "The new science of management decision," *New York*, 1960.

[9] E. B. F. Fincowsky, "Toma de decisiones empresariales," *Contabilidad y Negocios* vol. Vol 6, No 11, pp. 113-120. ISSN 1992-1896, 2011.

[10] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, "Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.

[11] F. Morey Cortès, "El sistema alimentario global: ponderación cuantitativa de las variables del modelo en el entorno de Cataluña," Universitat Politècnica de Catalunya, 2019.

[12] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[13] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.

[14] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[15] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[16] M. Leyva-Vázquez, and F. Smarandache, *Computación neutrosófica mediante Sympy*: Infinite Study, 2018.

[17] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[18] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[19] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[20] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[21] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[22] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[23] X. A. G. Cisneros, and D. J. R. Jacome, "Ciberseguridad en los dispositivos IOT de uso doméstico: una Revisión Sistemática de la Literatura," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 7, no. 1, pp. 140-170, 2025.

[24] F. P. S. Ramírez, and L. M. A. Granda, "Tecnologías de seguridad para empresas en Guayaquil," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 2, pp. 250-263, 2024.

[25] R. S. H. Guzmán, C. G. B. De La Rosa, L. D. R. Barrezueta, and P. M. M. Sánchez, "Fundamentos de la auditoría: Una aproximación del estado del arte," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 15, no. 12, pp. 245-266, 2022.

[26] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[27] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[28] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[29] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[30] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[31] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[32] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 15, 2025. Aceptado: marzo 05, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Sistema de recomendaciones sobre los beneficios de la microbiota en niños menores de 5 años.

System of recommendations on the benefits of microbiota in children under 5 years of age.

Clara Elisa Pozo Hernández [1], Jhostin Patricio Colimba Farinango [2], Yessenia Maribel Caipe Yanascual[3], and Zully Rivel Nazate Chuga [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. ut.clarapozo@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. jhostincf32@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. yesseniacy18@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. ut.zulynazate@uniandes.edu.ec

Resumen. El presente estudio fue realizado en la comuna La Esperanza, perteneciente a la parroquia Tufiño, Ecuador, con el objetivo de desarrollar un sistema de recomendaciones sobre los beneficios de la microbiota en niños menores de 5 años. En la investigación se evidenció que la población carece de un conocimiento adecuado acerca de la microbiota y su relevancia en la salud infantil. Los resultados revelaron que la mayoría de las madres no conocen los beneficios del microbiota, así como las consecuencias de una mala alimentación. Además, no han participado en programas de salud que promuevan el bienestar intestinal. Esto resalta la necesidad de implementar estrategias educativas dirigidas a informar a las familias sobre el microbiota intestinal y su impacto en el desarrollo del sistema inmunológico, la digestión y la prevención de enfermedades en los menores. Es fundamental considerar que el parto vaginal, la lactancia materna, la alimentación complementaria y el entorno son factores esenciales que influyen en la diversidad y estabilidad del microbiota. A través de un sistema que emplea números neutrosóficos en el proceso de inferencia, se busca proporcionar información clara y accesible, con el fin de fomentar hábitos saludables y evitar enfermedades futuras en los niños de esta comunidad vulnerable.

Palabras: números neutrosóficos, sistema de recomendaciones, microbiota, estrategias educativas, alimentación, salud intestinal.

Abstract. The present study was carried out in the La Esperanza commune, belonging to the Tufiño parish, Ecuador, with the objective of developing a system of recommendations on the benefits of the microbiota in children under 5 years of age. The research showed that the population lacks adequate knowledge about the microbiota and its relevance to child health. The results revealed that most mothers do not know the benefits of the microbiota, as well as the consequences of poor nutrition. In addition, they have not participated in health programs that promote intestinal well-being. This highlights the need to implement educational strategies aimed at informing families about the intestinal microbiota and its impact on the development of the immune system, digestion and the prevention of diseases in children. It is essential to consider that vaginal delivery, breastfeeding, complementary feeding and the environment are essential factors that influence the diversity and stability of the microbiota. Through a system that uses neutrosophic numbers in the inference process, the aim is to provide clear and accessible information, in order to promote healthy habits and prevent future illnesses in children in this vulnerable community.

Keywords: neutrosophic numbers, recommendation system, microbiota, educational strategies, nutrition, intestinal health.

1 Introducción

El proceso de implantación y colonización microbiana del intestino participa en la programación de eventos metabólicos e inmunológicos relacionados con el microbiota, los que son influenciados por factores fundamentales, como el modo del nacimiento, alimentación, y exposición a antibióticos durante la etapa prenatal y posnatal [1]. Estos factores son decisivos para alcanzar un equilibrio del ecosistema intestinal y la obtención de un microbiota sana o contrariamente repercutir en la producción de distintas enfermedades [2].

El microbiota intestinal desempeña una vital función en el desarrollo y la fisiología normal de varios sistemas

del cuerpo humano. La depresión, la ansiedad, la respuesta al estrés, el manejo del dolor, enfermedades del espectro autista y la enfermedad de Parkinson son algunas de las patologías que han demostrado una relación con el microbiota intestinal y han presentado variaciones en el curso de la enfermedad con la administración de probióticos en estudios clínicos en humanos [3]. Se necesitan nuevos y mejores modelos clínicos que demuestren la relación del microbiota intestinal en la fisiopatología de estas y otras enfermedades para crear nuevos recursos terapéuticos para la prevención y el manejo de estas [4].

El microbiota es poco relevante para las personas que no tienen conocimiento sin embargo la deficiencia de esta ha traído consigo ciertos problemas y principalmente debilita el sistema inmunitario, lo que conlleva a un mal desarrollo en el infante y dificultaría su día a día [5,32].

La falta de un microbiota intestinal equilibrada en niños menores de 5 años puede manifestarse a través de diversos signos y síntomas, que incluyen trastornos digestivos como diarrea crónica, estreñimiento y dolor abdominal, así como un sistema inmunológico debilitado que los hace más susceptibles a infecciones. Además, pueden experimentar problemas de crecimiento y desarrollo, alergias alimentarias, problemas de piel y cambios en el estado de ánimo y el comportamiento. Estos síntomas son indicativos de la importancia de mantener un microbiota intestinal saludable en esta etapa crucial del desarrollo infantil [6].

Posiblemente la taza incrementaría en los niños con sistema inmunitario débil incrementando enfermedades en los infantes de la Comuna la Esperanza, parroquia Tufiño, esto sería un gran problema ya que los niños no podrían tener un desarrollo saludable y a la vez dificultaría su desempeño académico e incluso su desarrollo social en la comuna.

La persistencia de la falta de microbiota en niños menores de 5 años puede resultar en problemas graves de salud a largo plazo, como trastornos autoinmunes, obesidad, diabetes tipo 2 y trastornos neuropsiquiátricos. También puede debilitar el sistema inmunológico, aumentando el riesgo de infecciones graves y deficiencias nutricionales que afectan el crecimiento y desarrollo [7,33]. Es crucial abordar este problema temprano con medidas que promuevan un microbiota intestinal saludable, como una alimentación adecuada y la suplementación con probióticos si es necesario [8].

En la Comuna La Esperanza de la parroquia Tufiño, se observa que los niños menores de 5 años enfrentan problemas alimentarios, y su nutrición es deficiente debido al desconocimiento de las madres sobre hábitos alimentarios adecuados, así como a factores socioeconómicos. Este impacto negativo en la microbiota infantil conlleva consecuencias significativas para el desarrollo físico, cognitivo y social de los menores, debilitando su sistema inmunológico y aumentando la susceptibilidad a enfermedades de inmunodeficiencia. Como resultado, los niños presentan enfermedades con mayor frecuencia, y las infecciones tienden a prolongarse, complicando su diagnóstico y tratamiento. El déficit en la microbiota puede tener efectos devastadores, ya que, si no se conserva, podría dar lugar a enfermedades crónicas que afecten tanto la salud física como psicológica de los infantes. Por lo tanto, se hace urgente desarrollar estrategias de salud que prevengan la insuficiencia microbiana intestinal, lo que incluye la implementación de charlas educativas y la orientación sobre una alimentación adecuada para los niños [9,34].

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un sistema de recomendaciones sobre los beneficios de la microbiota en niños menores de 5 años en la comuna La Esperanza, perteneciente a la parroquia Tufiño, Ecuador.

2 Materiales y métodos

Los Sistemas de recomendaciones son técnicas de filtrado de información que tienen por objetivo facilitar o asistir al usuario en la toma de una decisión [10]. Estos sistemas basan su funcionamiento en la selección y clasificación de información de acuerdo con los requerimientos del usuario [11]. Para esta investigación se utilizará un enfoque basado en conocimiento. Los modelos de recomendación basados en conocimiento realizan sugerencias haciendo inferencias sobre las necesidades del usuario y sus preferencias. El sistema de recomendaciones que se propone en esta investigación tiene como objetivo servir como herramienta de apoyo en el análisis de los beneficios de la microbiota en niños. Consta de cuatro procesos principales:

1. Creación de la base de perfiles de los niños con problemas alimentarios y nutrición deficiente.
2. Obtención del perfil objeto de análisis.
3. Filtrado de la información; y
4. Generación de las recomendaciones a partir del perfil de semejanza.

La Figura 1 muestra un esquema con el funcionamiento del sistema de recomendaciones propuesto.

Figura 1: Esquema general del funcionamiento del sistema de recomendaciones. Adaptado de [12].

El sistema de recomendación propuesto se basa en conocimiento. Permitiendo representar términos lingüísticos y la indeterminación mediante números neutrosóficos SVN [13, 14]. A continuación, se presenta el flujo de trabajo para las diferentes actividades:

Actividad 1. Creación de la base de perfiles de los niños con problemas alimentarios y nutrición deficiente:

Cada una de los casos a_i es descrito mediante el grupo de condiciones c_k determinándose el perfil del menor tal como expresa la expresión 1.

$$C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_l\} \tag{1}$$

Los perfiles pueden ser obtenidos de forma directa a partir de los algoritmos computacionales utilizados para la captura de datos de las Historias Clínicas Digitales:

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \tag{2}$$

Las valoraciones de las características de los casos, a_j, serán expresadas utilizando la escala lingüística S, $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de términos lingüísticos definidos para evaluar la característica c_k utilizando los números SVN [15-17]. Cada alternativa descrita conforma el conjunto de casos de menores de edad con afectación de la microbiota intestinal, con que se nutre el sistema de recomendaciones tal como muestra la expresión 3.

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \tag{3}$$

Cada perfil generado por el sistema de recomendación es almacenado en una base de datos [18-20]. Los datos constituyen la base de la inferencia posterior para el sistema de recomendaciones [21].

Actividad 2. Obtención del perfil objeto de análisis:

En esta actividad se determina la información del caso de afectación de la microbiota intestinal en un menos re edad, almacenándose en un perfil de modo que [22-25]:

$$P_e = \{p_1^e, \dots, p_k^e, \dots, p_l^e\} \tag{4}$$

El perfil estará integrado por un conjunto de atributos que caracterizan el caso:

$$C^e = \{c_1^e, \dots, c_k^e, \dots, c_l^e\} \tag{5}$$

Donde $c_k^e \in S$

Este puede ser obtenido mediante el llamado enfoque conversacional y mediante ejemplos los cuales pueden ser adaptados a las necesidades específicas del especialista de salud que está atendiendo el caso objeto de análisis específico.

Actividad 3. Filtrado de los casos

En esta actividad se filtran los casos de acuerdo al perfil almacenado para encontrar cuáles son los más críticos según las características del perfil inicial proporcionado por el especialista.

Con este propósito es calculada la similitud entre el perfil del caso de afectación de la microbiota intestinal objeto de estudio P_e , proporcionado por el médico, y cada perfil disponible a_j registrado en la base de datos, y que ha sido almacenado como caso diagnosticado y atendido. Para el cálculo de la similitud total se emplea la siguiente expresión:

$$S_i = 1 - \left(\left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^{n} \left\{ \left(\left| a_{ij} - a_j^* \right| \right)^2 + \left(\left| b_{ij} - b_j^* \right| \right)^2 + \left(\left| c_{ij} - c_j^* \right| \right)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \tag{6}$$

La función S calcula la similitud entre los valores de los atributos del perfil inicial y los almacenados a_j [26-28]. En un sistema de recomendaciones basado en conocimiento, se busca evitar el problema del arranque en frío, conocido como *cold start*, mediante la creación de un perfil inicial que actúa como referencia. Este enfoque es fundamental, ya que el arranque en frío se presenta cuando un sistema carece de datos sobre un usuario nuevo, lo que dificulta la capacidad de ofrecer recomendaciones pertinentes. Al establecer un perfil inicial, se proporciona al sistema una base sobre la cual puede operar, permitiéndole generar recomendaciones más relevantes desde el principio.

Actividad 4. Generación de recomendaciones

Una vez calculada la similitud entre el perfil inicial y los almacenados en la base de datos, se ordenan los perfiles de acuerdo a la similitud obtenida, representado por el siguiente vector de similitud.

$$D = (d_1, \dots, d_n) \tag{7}$$

La recomendación identificará qué perfil de caso de afectación de la microbiota intestinal, se asemeja más con casos anteriores de este tipo evaluados en niños, según el grado de similaridad.

3 Resultados y discusión

La presente sección describe los resultados de la implementación del Sistema de recomendaciones sobre los beneficios de la microbiota en niños menores de 5 años. El sistema fue implementado en un estudio de caso realizado en la comuna La Esperanza, perteneciente a la parroquia Tufiño, Ecuador. El sistema permite la obtención de un conjunto de datos que facilitan el diagnóstico, tratamiento y orientación para casos de niños con afectación de la microbiota. Para la aplicación de la propuesta se parte del conjunto de datos almacenados en la base de datos. A continuación se presenta un ejemplo demostrativo a partir del cual se parte de la base de datos que posee A casos:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7\}$$

Donde:

a_1: Niño de 3 años con historial de alergias alimentarias. Presentaba episodios recurrentes de diarrea y cólicos abdominales. Las pruebas de heces revelaron una baja diversidad microbiana y presencia de ciertas bacterias patógenas. Se le administró un tratamiento con probióticos y se realizó un seguimiento nutricional.

a_2: Niña de 2 años con antecedentes de enfermedad respiratoria recurrente. Mostraba signos de estreñimiento crónico y pérdida de apetito. Los análisis de laboratorio mostraron disbiosis y marcadores de inflamación. Se le recomendó un cambio dietético e introducción de prebióticos para mejorar su flora intestinal.

a_3: Niño de 4 años diagnosticado con autismo, presentaba irritabilidad y dificultades para alimentarse. Las pruebas de heces demostraron disbiosis severa. Se implementó un tratamiento personalizado con probióticos específicos y se trabajó en la inclusión de alimentos que favorecieran su microbiota.

a_4: Niña de 5 años con antecedentes de infecciones gastrointestinales frecuentes. Presentaba diarrea intermitente y bajos niveles de energía. Se diagnosticó una deficiencia en la microbiota beneficiosa. Se le recomendó un plan alimenticio rico en fibra y se introdujeron probióticos.

a_5: Niño de 1 año con retraso en el crecimiento. Exhibía síntomas de cólicos y flatulencias persistentes. Los análisis de heces mostraron un desequilibrio en la microbiota. Se ajustó su dieta y se complementó con probióticos para restaurar su flora intestinal.

a_6: Niña de 3 años con antecedentes de hospitalización por gastroenteritis. Presentaba síntomas de diarrea y

deshidratación recurrentes. Las pruebas revelaron una flora intestinal alterada. Se implementó un tratamiento con probióticos y se proporcionaron recomendaciones sobre la higiene y manejo de alimentos.

a_7: Niño de 2 años con antecedentes familiares de enfermedades autoinmunes. Mostraba irritabilidad y alteraciones en el sueño. El análisis de heces mostró disbiosis. Se diseñó un plan de tratamiento que incluía cambios en la dieta y un enfoque en la salud emocional y psicosocial del niño.

Cada uno de estos casos, está descrito por el conjunto de atributos: $C = \{c_1, c_2, c_3, c_{4,} c_{5,} c_6\}$

Donde:

c_1: Historia Clínica: Se registra la información médica del niño, evaluando antecedentes de enfermedades gastrointestinales, alergias, hospitalizaciones previas, y el desarrollo de enfermedades crónicas. Esto incluye la edad de inicio de los síntomas y cualquier tratamiento previo que pudiera haber influido en la microbiota.

c_2: Síntomas Clínicos Presentes: Se registran y analizan los síntomas observados, tales como diarrea (frecuencia y consistencia), estreñimiento, vómitos, dolor abdominal, distensión abdominal o irritabilidad. La duración y la severidad de estos síntomas también se documentan para determinar su impacto en la calidad de vida del niño.

c_3: Análisis de Laboratorio: Se realizan pruebas de laboratorio sobre muestras de heces, que incluyen análisis de la diversidad microbiana, búsqueda de patógenos, y pruebas para identificar disbiosis. También pueden incluir pruebas de inflamación como la calprotectina fecal, que indica la presencia de inflamación intestinal.

c_4: Intervenciones Previas: Se evalúan tratamientos y cambios en la dieta que el niño haya recibido previamente, como el uso de antibióticos, probióticos, prebióticos o modificaciones dietéticas (p.ej., eliminación de alérgenos). Esto ayuda a comprender las posibles causas y efectos de la disbiosis.

c_5:Desarrollo Nutricional y Crecimiento: Se analiza el estado nutricional del niño, incluyendo la evaluación del crecimiento (peso y talla), la ingesta de alimentos y posibles deficiencias nutricionales. Esto permite identificar si la afectación de la microbiota está relacionada con problemas de crecimiento o nutrición.

c_6:Factores Psicosociales y Ambientales: Se consideran factores como el entorno familiar, la educación nutricional, la higiene y la exposición a contaminantes. Esto incluye la evaluación del nivel socioeconómico y el acceso a atención médica, lo que puede influir en la salud general del niño y, por ende, en su microbiota intestinal.

Los atributos se valorarán en la siguiente escala lingüística (Tabla 1). Estas valoraciones serán almacenadas para nutrir la base de datos.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [29].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena(B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media(M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

La Tabla 2 muestra una vista con los datos utilizado en este ejemplo.

Tabla 2: Base de datos de casos.

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
a_1	MDB	MMB	MDB	B	MB	MB
a_2	M	B	M	MMB	B	MB
a_3	M	MMB	M	MMB	MB	MB
a_4	M	B	MDB	M	B	B
a_5	MDB	B	MDB	M	MB	B
a_6	MDB	B	MDB	B	M	M
a_7	M	B	MDB	M	M	B

Si un médico u_e, desea recibir las recomendaciones del sistema deberá proveer información al mismo expresando los datos asociados al caso del menor de edad con afectación de la microbiota intestinal. En este caso:

$$P_e = \{\text{MDB}, \text{B}, \text{MDB}, \text{M}, \text{MB}, \text{B}$$

Una vez que se proporciona el perfil inicial, se calcula la similitud entre el perfil que se analiza y los perfiles almacenados en la base de datos sobre casos anteriores.

Tabla 3: Similitud entre los perfiles almacenados y el perfil del caso que se está evaluando.

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
0.33	0.16	0.40	0.66	0.95	0.50	0.60

En la fase de recomendación se recomendarán aquellos perfiles que más se acerquen al perfil proporcionado. Un ordenamiento de los perfiles basado en esta comparación sería el siguiente.

$$\{a_5, a_4, a_7, a_6, a_3, a_1, a_2\}$$

En caso de que el sistema recomendará los dos perfiles más cercanos, estas serían las recomendaciones:

$$a_5, a_4$$

La aplicación de las recomendaciones provee una vecindad lo más cercano al perfil comparativo para el ejemplo en cuestión la solución es:

$$a_5$$

El sistema de recomendaciones desarrollado ofrece un enfoque basado en la evidencia para la gestión de la microbiota intestinal en niños menores de cinco años, utilizando datos de casos previamente diagnosticados con éxito. Al analizar experiencias previas de tratamientos efectivos, el sistema proporciona orientaciones prácticas que ayudan a comprender los beneficios de una microbiota equilibrada. Esta herramienta permitirá a los profesionales de la salud identificar intervenciones específicas y estrategias nutricionales que han demostrado eficacia en la restauración y fortalecimiento de la microbiota, favoreciendo así el bienestar general de los niños y optimizando su desarrollo y salud a largo plazo. Este enfoque integral no solo contribuye a la mejora de los resultados clínicos, sino que también promueve una mayor conciencia sobre la importancia de la microbiota en la salud infantil.

4 Discusiones

Las recomendaciones generadas por el sistema implementado, constituye una herramienta de alto valor para la atención medica de los niños, especialmente para los habitantes de la comuna La Esperanza, perteneciente a la parroquia Tufiño, Ecuador, dado que en esta investigación se pudo conocer que la mayoría de las madres en la comuna La Esperanza presentan un conocimiento limitado acerca de la microbiota, sus beneficios y las implicaciones de una alimentación inadecuada en la salud de sus hijos. A pesar de que algunas madres han escuchado sobre los probióticos, prevalece una falta de comprensión sobre su consumo adecuado y sus efectos positivos en el equilibrio de la flora intestinal. La información también reveló que, aunque una proporción significativa de los niños incluía frutas y verduras en su dieta, muchos no consumían suficientes proteínas, lo que podría comprometer su desarrollo físico y cognitivo. Por otro lado, se observó que una parte considerable de los niños gozaba de una microbiota óptima, lo que se traduce en la ausencia de problemas digestivos, mientras que otros presentaban síntomas relacionados con la mala alimentación y una ingesta inadecuada de líquidos. Esto sugiere que la educación sobre la salud intestinal es fundamental, ya que la falta de conocimientos en las madres puede tener graves consecuencias en el crecimiento y la salud de los pequeños. Reconociendo la importancia de estos hallazgos, se promoverán los beneficios de una alimentación equilibrada y el consumo de probióticos, para mejorar la salud integral de los niños en la comunidad.

El microbiota desempeña un papel crucial en la educación del sistema inmunológico durante la infancia. Estudios previos, como el de [30,36], han demostrado que la administración de probióticos a lactantes puede modular la respuesta inmune y reducir la incidencia de alergias. Nuestros resultados concuerdan con esta evidencia, sugiriendo que una colonización temprana por bacterias beneficiosas puede influir en la maduración de las células T reguladoras y la producción de anticuerpos IgE, factores clave en la respuesta alérgica.

La comunicación bidireccional entre el intestino y el cerebro, conocida como eje intestino-cerebro, está modulada en gran medida por el microbiota. Nuestros resultados indican que los niños con trastornos del espectro autista presentan alteraciones en la composición de su microbiota intestinal, lo que sugiere un posible papel de las bacterias intestinales en la patogénesis de estos trastornos. Estudios como el de [31,35] han demostrado que ciertas especies bacterianas pueden producir metabolitos que influyen en la función neuronal y el comportamiento.

Cabe recalcar que el microbiota intestinal juega un papel crucial en la salud y el bienestar de los niños, especialmente en los menores de 5 años. En la Comuna La Esperanza Parroquia Tufiño, una zona rural de Ecuador con altos índices de pobreza y desnutrición, la salud de estos niños puede verse afectada negativamente.

Promover la salud en esta población vulnerable es esencial para mejorar su salud a largo plazo. Se debe priorizar la promoción de la lactancia materna, la introducción de alimentos complementarios saludables, el uso de

probióticos y prebióticos, y la mejora del saneamiento y el agua potable. Esta Investigacion es necesaria para comprender mejor la relación entre el microbiota intestinal y la salud infantil, y para desarrollar intervenciones más efectivas para promover el bienestar de los niños en la Comuna La Esperanza Parroquia Tufiño. [37,38]

5 Conclusión

A partir del desarrollo del sistema de recomendaciones sobre los beneficios de la microbiota en niños menores de 5 años en la comuna La Esperanza, perteneciente a la parroquia Tufiño, Ecuador, se obtuvo una herramienta de apoyo al diagnóstico médico en casos de niños con afectación de la microbiota intestinal. Los resulytados de la investigación revelan que existe una notable falta de conocimiento entre las madres de la comuna La Esperanza sobre la microbiota intestinal y sus beneficios para la salud de los niños menores de cinco años. A pesar de que algunos niños presentan una microbiota adecuada y carecen de problemas gastrointestinales, muchos otros sufren afecciones relacionadas con una dieta deficiente en nutrientes esenciales, como las proteínas. Asimismo, se constató que la baja participación en programas de salud orientados a promover la salud intestinal limita la capacidad de las madres para tomar decisiones informadas sobre la alimentación de sus hijos. Es evidente que la educación y la concientización sobre la importancia de una alimentación equilibrada, que incluya frutas, verduras y probióticos, son fundamentales para mejorar el crecimiento y desarrollo de los infantes en esta comunidad. En consecuencia, se hace necesario implementar estrategias educativas y promocionales que aborden estos aspectos, con el fin de fortalecer la salud integral de los niños y promover un mejor entendimiento de la relación entre la alimentación y la microbiota.

Referencias

[1] I. Moreno, F. M. Codoñer, F. Vilella, D. Valbuena, J. F. Martinez-Blanch, J. Jimenez-Almazán, R. Alonso, P. Alamá, J. Remohí, and A. Pellicer, "Evidence that the endometrial microbiota has an effect on implantation success or failure," *American journal of obstetrics and gynecology,* vol. 215, no. 6, pp. 684-703, 2016.

[2] S.-L. Chen, D. J. Lundy, S.-C. Ruan, H.-C. Chen, Y.-K. Chao, Y.-Y. Cheng, R. P. Prajnamitra, C.-C. Liao, C.-Y. Lin, and J. J. Lai, "The gut microbiota regulates acute foreign body reaction and tissue repair after biomaterial implantation," *Biomaterials,* vol. 289, pp. 121807, 2022.

[3] F. Cardona, C. Andrés-Lacueva, S. Tulipani, F. J. Tinahones, and M. I. Queipo-Ortuño, "Benefits of polyphenols on gut microbiota and implications in human health," *The Journal of nutritional biochemistry,* vol. 24, no. 8, pp. 1415-1422, 2013.

[4] M. Gavahian, A. M. Khaneghah, J. M. Lorenzo, P. E. Munekata, I. Garcia-Mantrana, M. C. Collado, A. J. Meléndez-Martínez, and F. J. Barba, "Health benefits of olive oil and its components: Impacts on gut microbiota antioxidant activities, and prevention of noncommunicable diseases," *Trends in food science & technology,* vol. 88, pp. 220-227, 2019.

[5] D. La Rosa Hernández, E. J. Gómez Cabeza, and N. Sánchez Castañeda, "La microbiota intestinal en el desarrollo del sistema inmune del recién nacido," *Revista Cubana de Pediatría,* vol. 86, no. 4, pp. 502-513, 2014.

[6] J. C. Espín, A. González-Sarrías, and F. A. Tomás-Barberán, "The gut microbiota: A key factor in the therapeutic effects of (poly) phenols," *Biochemical pharmacology,* vol. 139, pp. 82-93, 2017.

[7] A. E. G. Lozada, and V. H. G. Toapanta, "Microbiota intestinal en la obesidad: revisión bibliográfica," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 3, pp. 190-205, 2024.

[8] A. B. T. Vergara, and C. R. B. Menéndez, "Análisis químico de la leche materna y su relación con el estado nutricional del lactante," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 3, pp. 89-98, 2023.

[9] D. M. Solano, M. V. Vega, and S. M. Chacón, "El rol de la Microbiota intestinal en la salud y enfermedad humana: una revisión exhaustiva," *Revista Científica de Salud BIOSANA,* vol. 4, no. 4, pp. 211-218, 2024.

[10] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Sistemas de recomendación para la Gestión de Proyectos. Análisis Bibliométrico," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 15, no. 5, pp. 70-84, 2022.

[11] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Sistemas de recomendación para la toma de decisiones. Estado del arte," *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria. ISSN 2602-8166,* vol. 6, no. 1, pp. 149-164, 2022.

[12] G. A. Galeano, W. A. Duarte, and C. von Lücken, "Sistemas de Recomendación Multicriterio utilizando Ordenamiento de Criterios," 2020.

[13] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[14] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[15] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[16] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[17] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[18] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica,* vol. 13, no. 2, 2021.

[19] C. Marta Rubido, and O. M. Cornelio, "Práctica de Microbiología y Parasitología Médica integrado al Sistema de Laboratorios a Distancia en la carrera de Medicina," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[20] O. Mar, and B. Bron, "Procedimiento para determinar el índice de control organizacional utilizando Mapa Cognitivo Difuso," *Serie Científica*, pp. 79-90.

[21] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, "Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.

[22] R. G. Ortega, M. D. O. Rodríguez, M. L. Vázquez, J. E. Ricardo, J. A. S. Figueiredo, and F. Smarandache, *Pestel analysis based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers for the sinos river basin management*: Infinite Study, 2019.

[23] F. Smarandache, J. E. Ricardo, E. G. Caballero, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, *Delphi method for evaluating scientific research proposals in a neutrosophic environment*: Infinite Study, 2020.

[24] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeutroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.

[25] O. F. Von Feigenblatt, *Honor, Loyalty, and Merit: The Cultura Contemporary of the Spanish Nobility*: Ediciones Octaedro, 2022.

[26] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and F. R. R. Marzo, "Tratamiento de la incertidumbre en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en conjuntos borrosos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 13, no. 6, pp. 84-93, 2020.

[27] M. Cornelio, "Estación de trabajo para la práctica de Microbiología y Parasitología Médica en la carrera de medicina integrado al sistema de laboratorios a distancia," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[28] N. Caedentey Moreno, and O. Mar-Cornelio, "Monitoreo energético en los laboratorios de la Universidad de las Ciencias Informáticas," *Ingeniería Industrial,* vol. 37, no. 2, pp. 190-199, 2016.

[29] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[30] J. P. M. Peláez, B. P. O. Garate, and K. F. P. Aguinsaca, "Relación de la microbiota intestinal con enfermedades autoinmunes," *Revista Vive,* vol. 6, no. 16, pp. 142-153, 2023.

[31] M. Gómez-Eguílaz, J. L. Ramón-Trapero, L. Pérez-Martínez, and J. R. Blanco, "El eje microbiota-intestino-cerebro y sus grandes proyecciones," *Rev Neurol,* vol. 68, no. 03, pp. 111, 2019.

[32] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[33] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[34] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[35] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[36] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[37] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[38] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 15, 2025. Aceptado: marzo 05, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Sistema de recomendaciones para la clasificación la falta de desconexión digital en el teletrabajo y su impacto en la seguridad jurídica en Ecuador.

System of recommendations for the classification of the lack of digital disconnection in teleworking and its impact on legal security in Ecuador.

Taisha Romina Jisama Velásquez [1], Pamela Milena Castro Villareal [2], and Estalin Rene Portilla Paguay [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. taishajv75@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. pamelacv04@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. ut.renepp25@uniandes.edu.ec

Resumen: La falta de una regulación específica que garantice el derecho a la desconexión digital en el ámbito del teletrabajo en Ecuador y sus consecuencias sobre la seguridad jurídica de los trabajadores es un tema relevante. Este estudio, mediante un enfoque cualitativo, analiza la normativa actual, incluyendo la Constitución de la República del Ecuador y el Código del Trabajo, para evaluar su eficacia en la protección de los derechos de quienes realizan teletrabajo. Esta investigación tiene como objetivo de desarrollar un sistema de recomendaciones para la clasificación la falta de desconexión digital en el teletrabajo y su impacto en la seguridad jurídica en Ecuador. La ausencia de normativas claras sobre la desconexión digital genera un entorno laboral en el que los trabajadores están siempre conectados, poniendo en riesgo su derecho al descanso y afectando su salud mental. La investigación subraya la necesidad urgente de establecer regulaciones específicas que delimiten la jornada laboral en el teletrabajo, alineándose con los estándares internacionales que consideran el derecho a la desconexión como parte de los derechos laborales fundamentales. Mediante la comparación con las legislaciones de otros países que han implementado este derecho, como Francia y España, el estudio sugiere la adopción de prácticas que protejan de manera efectiva a los teletrabajadores ecuatorianos.

Palabras Claves: sistema de recomendaciones, números neutrosóficos, clasificación, falta de desconexión digital, teletrabajo, seguridad jurídica, Ecuador.

Abstract. The lack of specific regulations guaranteeing the right to digital disconnection in the field of teleworking in Ecuador and its consequences on the legal security of workers is a relevant issue. This study, using a qualitative approach, analyzes the current regulations, including the Constitution of the Republic of Ecuador and the Labor Code, to evaluate their effectiveness in protecting the rights of those who telework. This research aims to develop a system of recommendations for classifying the lack of digital disconnection in teleworking and its impact on legal security in Ecuador. The absence of clear regulations on digital disconnection generates a work environment in which workers are always connected, putting their right to rest at risk and affecting their mental health. The research highlights the urgent need to establish specific regulations that delimit the working day in teleworking, aligning with international standards that consider the right to disconnection as part of fundamental labor rights. By comparing the legislation of other countries that have implemented this right, such as France and Spain, the study suggests the adoption of practices that effectively protect Ecuadorian teleworkers.

Keywords: recommendation system, neutrosophic numbers, classification, lack of digital disconnection, teleworking, legal security, Ecuador.

1 Introducción

El derecho laboral se refiere al conjunto de normas legales que garantizan el cumplimiento de las obligaciones y derechos de las partes en una relación laboral. En este contexto, la Constitución se erige como una fuente fundamental, estableciendo principios, derechos y garantías que buscan proteger al trabajador mediante la seguridad

jurídica del derecho nacional y los instrumentos internacionales de derechos humanos.

Ecuador, al igual que muchos otros países, ha presenciado un crecimiento significativo en la adopción del teletrabajo. A través del Código de Trabajo y normativas complementarias, el país ha tratado de regular esta modalidad laboral, aunque aún persisten áreas que necesitan atención. La Constitución de la República del Ecuador reconoce el trabajo como un derecho y un deber social, garantizando así la protección de los derechos de los trabajadores.

En los últimos años, el teletrabajo ha emergido como una modalidad laboral relevante, impulsada por la evolución social y la búsqueda de mayor flexibilidad y eficiencia. Esta forma de trabajo ha aportado beneficios sustanciales, como la flexibilidad horaria y la reducción de los tiempos de desplazamiento, lo que ha mejorado la calidad de vida de muchos empleados y aumentado la productividad de las empresas [1].

Sin embargo, es esencial reconocer que el teletrabajo no siempre se ajusta a la realidad de todos los trabajadores. Esta investigación se desarrollará a partir de esta premisa, analizando antecedentes que evidencien cómo esta modalidad puede afectar la intimidad personal y familiar de los empleados. Según el Diccionario panhispánico del español jurídico, los trabajadores tienen el derecho de que su tiempo de descanso, permisos y vacaciones, así como su intimidad personal y familiar, no se vean perjudicados por el uso de dispositivos digitales por parte del empleador.

La falta de desconexión digital obliga a los trabajadores, debido a la accesibilidad constante de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), a permanecer disponibles más allá de su horario laboral. Esto erosiona el equilibrio entre la vida laboral y personal, incrementando la carga de trabajo y afectando la calidad del tiempo de descanso y ocio, factores fundamentales para la salud integral de los empleados.

Desde una perspectiva jurídica, la ausencia de una regulación clara sobre la desconexión digital en Ecuador genera un vacío legal que expone a los trabajadores a posibles abusos. La seguridad jurídica, que implica la certeza en la aplicación y cumplimiento de las normas, se ve amenazada cuando no existen regulaciones específicas o estas no se ejecutan adecuadamente. Por lo tanto, es crucial que Ecuador avance hacia la creación de normativas que resguarden el derecho a la desconexión digital, alineándose con los estándares internacionales para garantizar un entorno laboral justo y equitativo.

La relevancia de la desconexión digital en el teletrabajo ecuatoriano radica en su impacto en la salud mental y el equilibrio entre la vida laboral y personal, al permitir que las jornadas laborales se extiendan indefinidamente. Esta situación genera incertidumbre sobre los derechos y obligaciones de ambas partes, lo que puede resultar en conflictos y afectar la seguridad jurídica. Así, es fundamental abordar esta problemática con el objetivo de garantizar condiciones laborales justas, proteger los derechos de los trabajadores y desarrollar políticas públicas que regulen adecuadamente el teletrabajo.

Historia del Teletrabajo a Nivel Mundial

La historia del teletrabajo comienza en 1973, cuando el término fue acuñado por Jack Nilles, un estadounidense. Durante la crisis del petróleo, se buscó reducir el consumo de combustibles, proponiendo trasladar el trabajo al trabajador en lugar de hacer que el trabajador se trasladara al lugar de trabajo. Nilles, físico e ingeniero de la NASA, es considerado uno de los pioneros del teletrabajo y propuso que las empresas podrían reducir costos y aumentar la productividad al permitir a los empleados trabajar desde ubicaciones remotas [2,31].

En los años 80, la expansión de los ordenadores personales impulsó el teletrabajo, y en los años 90, con la llegada de Internet a los hogares, la modalidad comenzó a consolidarse. Sin embargo, en España, a pesar del crecimiento tecnológico, el teletrabajo no tuvo gran éxito.

La pandemia de COVID-19 en 2020 forzó a muchas empresas a adoptar el teletrabajo de manera abrupta. Las restricciones de movilidad y las medidas de distanciamiento social hicieron que el trabajo remoto se convirtiera en la norma para muchas organizaciones a nivel mundial. Tanto empresas como empleados tuvieron que adaptarse rápidamente a esta nueva situación, implementando políticas y tecnologías que facilitaran el teletrabajo. Se observó un aumento en el uso de plataformas como Zoom, Microsoft Teams y Google Meet. Aunque algunas empresas han vuelto a la modalidad presencial, muchas han optado por modelos híbridos, reconociendo las ventajas de flexibilidad y reducción de costos [3,32].

1.1 Preliminares

Desconexión Digital a Nivel Mundial

La desconexión digital se refiere al derecho de los trabajadores a desconectarse de sus dispositivos digitales y a no ser contactados por sus empleadores fuera del horario laboral o durante sus vacaciones. Este derecho tiene como objetivo asegurar el tiempo de descanso de los empleados y permitirles disfrutar plenamente de su vida personal y familiar.

Primeras Legislaciones sobre la Desconexión Laboral

Francia fue pionera en 2016 al introducir el derecho a la desconexión digital a través de la Ley del Trabajo,

conocida como ley “El Khomri”. Esta legislación establece que las empresas deben negociar con los sindicatos para crear políticas que regulen el uso de dispositivos digitales fuera del horario laboral; en caso de no alcanzar un acuerdo, la empresa debe emitir un documento que limite dicho uso.

Italia, en 2017, implementó la Ley de Trabajo Inteligente, que exige que el acuerdo de teletrabajo especifique los tiempos de descanso y las medidas necesarias para garantizar que el trabajador pueda desconectarse de las herramientas digitales. Este acuerdo es de carácter obligatorio y debe formalizarse por escrito.

En España, la Ley del Teletrabajo de 2020 garantiza el derecho a la desconexión digital fuera de la jornada laboral, obligando a las empresas a respetar este derecho y evitando que los empleados estén disponibles para realizar tareas fuera de sus horarios establecidos.

Bélgica también reconoció el derecho a la desconexión mediante la Ley del Trabajo en 2018, que requiere que las empresas incluyan políticas de desconexión digital en sus acuerdos laborales y negocien estas condiciones con los empleados y sus representantes, además de proporcionar mecanismos que faciliten esta desconexión.

Alemania ha adoptado un enfoque más flexible, promoviendo la negociación colectiva para establecer el derecho a la desconexión digital. Grandes empresas como Volkswagen, Daimler y Siemens han implementado acuerdos internos que restringen el uso de herramientas digitales fuera del horario laboral, incluyendo la desactivación de servidores de correo o la creación de horarios en los que no se espera respuesta a comunicaciones.

Canadá ha legislado sobre el derecho a la desconexión a nivel provincial y federal. La "Working for Workers Act" exige que las empresas con más de 25 empleados establezcan políticas claras sobre este derecho, asegurando que todos los trabajadores estén informados sobre los horarios en los que no deben responder a comunicaciones laborales. [33,34]

En Argentina, un acuerdo de teletrabajo firmado con IBM en 2020 incluye el derecho a la desconexión digital, como parte de un esfuerzo mayor para alinear los derechos laborales con las tendencias globales. Esta normativa establece que los teletrabajadores tienen el derecho a desconectarse de dispositivos digitales fuera del horario laboral, y cualquier incumplimiento puede conllevar sanciones.

Impacto en la Salud y el Bienestar

Investigaciones han demostrado que la falta de desconexión digital puede acarrear problemas de salud mental, como estrés y agotamiento. Establecer límites en la conectividad digital contribuye a disminuir el riesgo de enfermedades relacionadas con el estrés y a mejorar el equilibrio entre la vida laboral y personal.

El teletrabajo, si no se controla correctamente, puede afectar negativamente el bienestar físico y mental de los trabajadores debido a factores como el aislamiento social, jornadas laborales largas que incrementan la carga cognitiva y la falta de actividad física.

El “derecho a desconectarse” busca abordar diversas problemáticas derivadas de la digitalización y globalización, como el agotamiento y estrés provocados por la constante disponibilidad laboral; la reducción de la calidad de vida por la presión de estar siempre disponible, que limita las actividades recreativas y familiares; la disminución de la productividad por exceso de trabajo que agota la eficiencia; el desequilibrio entre la vida laboral y personal y la intrusión en el ámbito personal. Esta legislación tiene como objetivo proteger a los empleados, permitiéndoles desconectarse sin temor a repercusiones.

Desconexión Digital en Ecuador

En Ecuador, la desconexión digital ha ganado relevancia en la reciente legislación laboral. Con la creciente adopción del teletrabajo, especialmente tras la pandemia de COVID-19, la necesidad de establecer regulaciones sobre el derecho a desconectar se ha vuelto más evidente. Aunque aún no existen leyes explícitas como en otros países, se están llevando a cabo esfuerzos para integrar esta protección en la normativa laboral en Ecuador.

La falta de una regulación clara sobre la desconexión digital en el teletrabajo en Ecuador puede resultar en la vulneración de derechos laborales, así como en dificultades para aplicar las normativas existentes y en impactos negativos en la salud física y mental de los trabajadores.

Implementación en la Normativa del Ecuador

Constitución de la República del Ecuador [4]: Esta norma suprema garantiza los derechos fundamentales de los trabajadores, incluyendo el derecho a un entorno laboral sano y libre de acoso, así como la protección contra cualquier forma de explotación o abuso laboral.

Código del Trabajo (2005) [5]: Este código define con claridad los derechos y obligaciones de empleadores y empleados. Establece que los empleadores son responsables de proporcionar un ambiente de trabajo seguro y respetuoso, salvaguardando a los trabajadores del acoso y la discriminación. A su vez, los empleados tienen derecho a desempeñar sus funciones en condiciones seguras y saludables, libres de abusos. Estas normativas buscan asegurar el bienestar físico y emocional de los trabajadores en su día a día.

Ley Orgánica del Servicio Público (LOSEP) (2010) [6]: Esta ley regula las relaciones laborales en el sector público, estableciendo directrices claras para la prevención y sanción del acoso laboral, garantizando así condiciones dignas para todos los empleados. Incluye protección contra cualquier forma de discriminación y promueve un

ambiente de trabajo seguro y respetuoso, garantizando el cumplimiento de derechos laborales fundamentales.

Ley Orgánica Reformatoria a la Ley Orgánica del Servicio Público y al Código del Trabajo para Prevenir el Acoso Laboral (2017) [7]: Esta legislación se enfoca en prevenir el acoso laboral y promover el bienestar de los empleados, estableciendo derechos para un ambiente laboral adecuado y exigiendo a los empleadores que traten a sus empleados con respeto. La ley protege la salud mental de los trabajadores y fomenta un equilibrio saludable entre la vida laboral y personal, evitando que la disponibilidad constante fuera del horario laboral se convierta en acoso.

Ley Orgánica de Apoyo Humanitario (2020): Promulgada en respuesta a la crisis económica y sanitaria provocada por la pandemia de COVID-19, esta ley incluye medidas para proteger los derechos de los trabajadores y garantizar condiciones laborales justas y seguras para quienes realizan funciones desde casa, alineándose con el Código del Trabajo que regula la jornada laboral máxima de 8 horas.

Acuerdo Ministerial No. MDT-2016-0190 (2016): Este acuerdo regula el teletrabajo en el sector privado, permitiendo a los empleados realizar actividades fuera de las instalaciones del empleador mediante el uso de tecnologías de la información y comunicación. Establece dos modalidades de teletrabajo: permanente y parcial, cada una con condiciones específicas sobre la presencia en las instalaciones del empleador. La implementación es voluntaria y requiere un acuerdo por escrito entre las partes, que detalle las labores, condiciones de ejecución y supervisión.

Acuerdo Ministerial MDT-2020-181 (2020): Este acuerdo proporciona regulaciones específicas para el teletrabajo en Ecuador, abordando aspectos clave como las condiciones laborales, y los derechos y obligaciones de empleadores y empleados. Se centra en garantizar la seguridad jurídica en esta modalidad, enfatizando la protección de la salud y el bienestar de los trabajadores, además de establecer mecanismos para resolver conflictos derivados del teletrabajo.

Acuerdo Ministerial No. MDT-2022-237: Reconoce que la falta de desconexión digital en el teletrabajo puede comprometer la seguridad jurídica en Ecuador, creando situaciones donde los trabajadores podrían ser forzados a estar disponibles fuera de su horario laboral, lo que conlleva estrés y fatiga. Este acuerdo establece el derecho a la desconexión digital para los teletrabajadores, asegurando al menos doce horas continuas de desconexión en un período de veinticuatro horas, buscando así proteger la salud física y mental de los trabajadores y promover un equilibrio entre su vida personal y profesional.

Sentencia No. 986-19-JP/21 (2022): La Corte Constitucional de Ecuador ha enfatizado la importancia de prevenir y sancionar el acoso laboral, destacando la necesidad de garantizar un ambiente laboral libre de violencia que respete plenamente los derechos de los trabajadores. Este enfoque reafirma el compromiso constitucional de proteger la dignidad humana y asegurar condiciones laborales justas y seguras.

Sentencia C-337/11 (2011): Analiza una demanda contra una ley colombiana que excluye a los teletrabajadores del subsidio familiar, argumentando que vulnera derechos a la igualdad y a la seguridad social. La Corte Constitucional determinó que esta exclusión es una omisión legislativa que afecta principios constitucionales, y aunque mantuvo la norma, requería reformas que incluyan el subsidio familiar para los teletrabajadores.

Sentencia C-103/21 (2021): La Corte Constitucional de Colombia evaluó la constitucionalidad de un artículo que excluye a los teletrabajadores de disposiciones sobre jornada laboral y recargos, considerando que esto vulneraba el derecho a la igualdad y al descanso. Tras el análisis de la regulación de la jornada laboral en el teletrabajo, la Corte concluyó que la norma impugnada entrañaba problemas constitucionales al dejar a los teletrabajadores en desventaja frente a sus pares presenciales, exponiéndolos a riesgos sin las protecciones adecuadas.

2 Materiales y métodos

Los sistemas de recomendaciones son herramientas fundamentales en la actualidad, diseñadas para ayudar a los usuarios en la toma de decisiones mediante el filtrado y clasificación de información relevante. Estos sistemas operan seleccionando datos que se alinean con los requerimientos específicos del usuario, lo que les permite recibir sugerencias personalizadas y útiles en diversos contextos. La implementación de un sistema de recomendaciones para la clasificación la falta de desconexión digital en el teletrabajo y su impacto en la seguridad jurídica en Ecuador puede ayudar a los profesionales del sector.

Para esta investigación, se adoptará un enfoque basado en conocimiento. Los modelos de recomendación fundamentados en este tipo de enfoque analizan información específica sobre las necesidades y preferencias del usuario, realizando inferencias que guían las sugerencias. Esto permite que el sistema no solo tenga en cuenta la información clínica disponible, sino también el contexto individual de cada paciente. Así, el sistema propuesto se configurará como una herramienta de apoyo que facilita la toma de decisiones para la clasificación la falta de desconexión digital en el teletrabajo y su impacto en la seguridad jurídica en Ecuador.

El sistema de recomendaciones propuesto para la clasificación la falta de desconexión digital en el teletrabajo y su impacto en la seguridad jurídica en Ecuador, compuesto por cuatro procesos esenciales. Primero, la creación de una base de perfiles de trabajadores. Luego, se obtendrán estos perfiles desconexiones utilizando datos disponibles de diversas fuentes. A continuación, se aplicará un procedimiento de filtrado que permitirá seleccionar la

información más relevante, considerando coincidencias y similitudes con otros casos previamente analizados [8]. En la cuarta actividad se generarán recomendaciones basadas en el perfil de semejanza, lo que permitirá contar con un recurso adicional para la clasificación la falta de desconexión digital en el teletrabajo y su impacto en la seguridad jurídica en Ecuador. La Figura 1 muestra un esquema con el funcionamiento del sistema de recomendaciones propuesto.

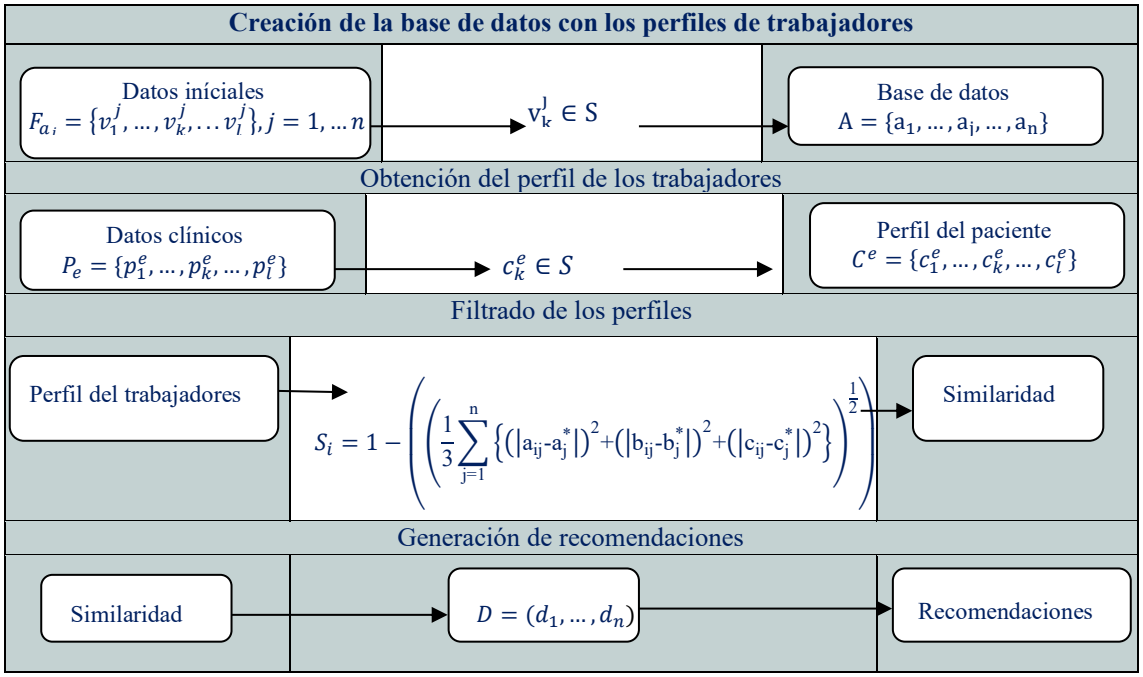


Figura 1: Esquema general del funcionamiento del sistema de recomendaciones.

El sistema de recomendación propuesto se basa en conocimiento. Permitiendo representar términos lingüísticos y la indeterminación mediante números SVN. Utiliza como base de inferencia la propuesta de Cordón [9, 10]. A continuación, se presenta el flujo de trabajo para las diferentes actividades:

Actividad 1. Creación de la base de datos con los perfiles de trabajadores:

Cada una de los casos a_i es descrito mediante el grupo de condiciones determinándose el perfil de los trabajadores tal como muestra la expresión 1.

$$C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_l\} \tag{1}$$

Los perfiles pueden ser obtenidos de forma directa a partir de los algoritmos computacionales utilizados para la captura de datos clasificados de desconexión digital en el teletrabajo y su impacto en la seguridad jurídica en Ecuador digitales:

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \tag{2}$$

Las valoraciones de las características de los trabajadores, a_j, serán expresadas utilizando la escala lingüística S, $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g$ es el conjunto de términos lingüísticos definidos para evaluar la característica c_k utilizando los números SVN [11-13]. Los términos lingüísticos a emplear deben ser definidos [14-16]. Cada alternativa descrita conforma el conjunto de casos de trabajadores con que se nutre el sistema de recomendaciones tal como muestra la expresión 3.

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \tag{3}$$

Cada perfil generado por el sistema de recomendación es almacenado en una base de datos [8, 17, 18]. Los datos constituyen la base de la inferencia posterior para el sistema de recomendaciones.

Actividad 2. Obtención del perfil de los trabajadores:

En esta actividad se determina la información de los trabajadores sobre las preferencias de estos almacenándose en un perfil de modo que:

$$P_e = \{p_1^e, \dots, p_k^e, \dots, p_l^e\} \tag{4}$$

El perfil estará integrado por un conjunto de atributos que caracterizan a los trabajadores:

$$C^e = \{c_1^e, \dots, c_k^e, \dots, c_l^e\} \tag{5}$$

Donde $c_k^e \in S$

Este puede ser obtenido mediante el llamado enfoque conversacional y mediante casos previos [19] computados correctamente y sin ruido en los datos [20-22].

Actividad 3. Filtrado de los casos

En esta actividad se filtran los casos de acuerdo al perfil almacenado para encontrar cuáles son las más probables según las características presentes [23], [24], [25]. Con este propósito es calculada la similitud entre el perfil de los trabajadores, P_e y cada perfil disponible a_j registrado en la base de datos y que ha sido confirmado con un perfil de desconexión [8, 17, 18]. Para el cálculo de la similitud total se emplea la siguiente expresión:

$$S_i = 1 - \left(\left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^{n} \left\{ \left(\left| a_{ij} - a_j^* \right| \right)^2 + \left(\left| b_{ij} - b_j^* \right| \right)^2 + \left(\left| c_{ij} - c_j^* \right| \right)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \tag{6}$$

La función S calcula la similitud entre los valores de los atributos del perfil de los trabajadores actualmente en diagnóstico y los almacenados como desconexión, a_j .

Actividad 4. Generación de recomendaciones

Una vez calculada la similitud entre el perfil de los trabajadores y los almacenados como con perfil de desconexión en la base de datos, cada uno de los perfiles se ordena de acuerdo a la similitud obtenida representado por el siguiente vector de similaridad:

$$D = (d_1, \dots, d_n) \tag{7}$$

La recomendación identificará qué trabajador posee perfil de desconexión digital, tiene mayor grado de probabilidad de estar desconectado digitalmente, según el grado de similaridad con casos anteriores confirmados.

3 Resultados y discusión

La presente sección describe los resultados de la implementación del Sistema de recomendaciones para la clasificación la falta de desconexión digital en el teletrabajo y su impacto en la seguridad jurídica en Ecuador. El sistema permite la obtención de un conjunto de datos que facilitando el trabajo para la clasificación la falta de desconexión digital en el teletrabajo y su impacto en la seguridad jurídica en Ecuador.

Para la aplicación de la propuesta se parte del conjunto de datos almacenados en la base de datos sobre clasificaciones de desconexión digital en el teletrabajo y su impacto en la seguridad jurídica en Ecuador. A continuación se presenta un ejemplo demostrativo a partir del cual se parte de la base de datos que posee:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$$

Descrito por el conjunto de atributos

$$C = \{c_1, c_2, c_3, c_4\}$$

Donde:

c_1: Carga laboral excesiva: Este criterio se refiere a la tendencia de los trabajadores a trabajar más horas de las estipuladas debido a la disponibilidad constante de dispositivos digitales. Impacto en la seguridad jurídica: La falta de límites claros puede llevar a conflictos laborales, ya que los trabajadores pueden sentirse forzados a sobrecargar sus horas, generando descontento y posibles demandas.

c_2: Derechos laborales y bienestar del trabajador: Este criterio analiza cómo la falta de desconexión impacta en los derechos de los trabajadores, como el derecho a la salud mental y al descanso. Impacto en la seguridad jurídica: La violación de estos derechos puede resultar en acciones legales contra las empresas por incumplimiento de normativas laborales y afectaciones a la salud física y mental de los empleados.

c_3: Confidencialidad y manejo de información: La falta de desconexión puede llevar a que los empleados manejen datos sensibles fuera de horarios laborales y en contextos no seguros, aumentando riesgos de filtración de información. Impacto en la seguridad jurídica: Esto puede derivar en violaciones de leyes de protección de

datos y en la eliminación de políticas de privacidad, lo que podría acarrear responsabilidades legales para las empresas.

c_4: Equilibrio entre vida laboral y personal: Este criterio considera la dificultad para separar las actividades laborales de las personales, lo que puede causar problemas en el bienestar general del trabajador. Impacto en la seguridad jurídica: La falta de equilibrio puede llevar a situaciones de estrés y agotamiento, lo que puede afectar la productividad y, a largo plazo, resultar en reclamaciones por compensaciones o despidos injustificados.

Los atributos se valorarán en la siguiente escala lingüística (Tabla 1). Estas valoraciones serán almacenadas para nutrir la base de datos.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [26].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena(B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media(M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

La Tabla 2 muestra una vista con los datos utilizado en este ejemplo.

Tabla 2: Base de datos de perfiles de trabajadores.

	c_1	c_2	c_3	c_4
a_1	MDB	MMB	MMB	MB
a_2	M	MB	MMB	MB
a_3	M	MMB	B	B
a_4	MDB	MB	B	M
a_5	M	MMB	B	B
a_6	MDB	MB	B	M
a_7	MDB	MB	B	MB
a_8	M	MB	MMB	MMB

Si un trabajador u_e, desea recibir las recomendaciones del sistema deberá proveer información al mismo expresando el perfil del trabajador en análisis. En este caso:

$$P_e = \{\text{MDB}, \text{MB}, \text{B}, \text{M}\}$$

El siguiente paso es el cálculo de la similitud entre el perfil de trabajadores en análisis y los perfiles almacenados en la base de datos que han sido almacenados.

Tabla 3: Similitud entre los perfiles almacenados y el perfil de los trabajadores analizado

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8
0.20	0.25	0.15	0.50	0.20	0.95	0.75	0.10

En la fase de recomendación se recomendarán aquellos perfiles que más se acerquen al perfil del paciente analizado. Un ordenamiento de los perfiles basado en esta comparación sería el siguiente.

$$\{a_6, a_7, a_4, a_2, a_1, a_5, a_3, a_8\}$$

En caso de que el sistema recomendará los dos perfiles más cercanos, estas serían las recomendaciones:

$$a_6, a_7$$

La aplicación de las recomendaciones provee una vecindad lo más cercano al perfil comparativo para el ejemplo en cuestión la solución es:

$$a_6$$

El sistema de recomendaciones propuesto, ofrece una herramienta práctica para la clasificación la falta de desconexión digital en el teletrabajo y su impacto en la seguridad jurídica en Ecuador. La implementación de este sistema no solo potencia la capacidad para clasificar la falta de desconexión digital en el teletrabajo sino que potencia su impacto en la seguridad jurídica en Ecuador.

4 Discusiones

La rápida adopción del teletrabajo, impulsada por la pandemia de COVID-19, ha transformado profundamente las relaciones laborales y ha evidenciado la necesidad de ajustar el marco jurídico actual a las nuevas realidades laborales. La falta de desconexión digital se ha convertido en un problema urgente, afectando la salud y el bienestar de los trabajadores, además de comprometer la seguridad jurídica en Ecuador.

Para abordar esta situación, se emitió el Acuerdo Ministerial No. MDT-2022-237, que establece políticas sobre la desconexión digital para los teletrabajadores. Este acuerdo es un intento del Estado por enfrentar los retos que surgen de la constante disponibilidad y la carga laboral excesiva que enfrentan los teletrabajadores. Sin embargo, la implementación de estas políticas ha tropezado con diversos obstáculos que es necesario superar para garantizar su eficacia.

El Código del Trabajo de Ecuador establece que la jornada laboral no debe exceder las ocho horas diarias, en línea con la Constitución de la República del Ecuador. Sin embargo, en la práctica, muchos teletrabajadores se ven forzados a sobrepasar este límite debido a la falta de una desconexión digital clara. Aunque la normativa actual tiene buenas intenciones, no proporciona una interpretación jurídica adecuada que garantice efectivamente el derecho de los teletrabajadores a desconectarse.

Uno de los principales desafíos es la cultura laboral predominante, que aún no valora suficientemente la importancia de marcar límites entre el trabajo y la vida personal. La permanencia de una conectividad excesiva genera estrés y ansiedad, lo que socava el bienestar integral de los trabajadores. Asimismo, la infraestructura tecnológica y la falta de capacitación sobre el uso responsable de herramientas digitales agravan la implementación de políticas de desconexión. [35,36,37]

La intervención del Ministerio del Trabajo es fundamental para asegurar la aplicación efectiva del Acuerdo Ministerial No. MDT-2022-237. Sin embargo, las disposiciones actuales no son suficientes para proteger completamente a los trabajadores en un contexto de teletrabajo. La falta de claridad en la normativa, junto con la ausencia de mecanismos de control y supervisión adecuados, contribuye a una inseguridad jurídica que perjudica tanto a empleadores como a empleados.

[27] Señala que Ecuador tiene el potencial de implementar el teletrabajo de manera planificada, aunque enfrenta barreras culturales y de conocimiento. La pandemia demostró que las empresas podían operar de manera remota, pero persiste una cultura de supervisión presencial. Para superar estos desafíos, es vital fomentar una cultura digital y gestionar el cambio, destacando los beneficios del teletrabajo para las empresas, los empleados y la sociedad en general. Mayorga, con una amplia experiencia en el Ministerio de Trabajo, imparte un curso de 40 horas sobre el diseño e implementación del teletrabajo, que abarca desde la normativa legal hasta las mejores prácticas para un desarrollo sostenible.

De acuerdo con [28], abogada cuencana con maestrías en Derecho y Derecho Laboral y Seguridad Social, resalta la urgencia de una regulación adecuada del teletrabajo en Ecuador. En su libro "El teletrabajo en Ecuador: Reflexiones desde el Estado constitucional de derechos", critica la falta de mecanismos efectivos para garantizar este derecho. Subraya que el teletrabajo, como modalidad que utiliza tecnologías de la información para facilitar el trabajo en remoto, debe ser considerado un derecho, y no un privilegio, de acuerdo con la Constitución y los tratados internacionales.

Desde 2014, Ecuador cuenta con un Programa de Alistamiento Digital dirigido al sector rural, que busca reducir la brecha digital en general, sin centrarse en las necesidades particulares de los teletrabajadores. Si bien este programa mejora el acceso a tecnología y habilidades digitales en áreas rurales, no cubre las necesidades específicas de quienes realizan teletrabajo. Así, aunque contribuye a la reducción de la brecha digital, no asegura que los teletrabajadores tengan las competencias necesarias para su desempeño eficaz y seguro en un entorno digital.

[29] También critica el artículo 5 del Acuerdo Ministerial No. MDT-2020-181, que regula el derecho a la desconexión de los teletrabajadores. Este artículo determina que el empleador no podrá dar órdenes al teletrabajador durante doce horas continuas en un período de veinticuatro horas, lo cual infringe el principio de progresividad y la prohibición de regresividad, dado que la jornada laboral diaria es de ocho horas. Por lo tanto, restringir la desconexión a solo doce horas no respeta adecuadamente los derechos laborales establecidos.

[30] Menciona que ser un ciudadano digital implica utilizar las tecnologías de la información y comunicación (TIC) para participar activamente en la sociedad, la política y el gobierno. Este concepto incluye habilidades para comprender.

5 Conclusión

El desarrollo del sistema de recomendaciones para la clasificación la falta de desconexión digital en el teletrabajo y su impacto en la seguridad jurídica en Ecuador, permitió inferir patrones e identificar la falta de desconexión digital en el teletrabajo y su impacto en la seguridad jurídica en Ecuador.

La falta de una regulación específica sobre la desconexión digital en el teletrabajo en Ecuador afecta la seguridad jurídica de los trabajadores, dejándolos en una situación de incertidumbre y vulnerabilidad. La ausencia de

normativas claras dificulta la separación entre el tiempo laboral y personal, lo que puede resultar en explotación y agotamiento profesional. Esta investigación subraya la urgente necesidad de salvaguardar los derechos laborales en el ámbito del teletrabajo, asegurando que los trabajadores puedan desconectarse efectivamente y gozar de un equilibrio saludable entre su vida laboral y personal. La implementación de medidas adecuadas no solo beneficiaría a los empleados, sino que también aumentaría la productividad y satisfacción laboral, creando un entorno de trabajo más justo y equitativo.

Desde un enfoque metodológico, el uso de un enfoque cualitativo permitió profundizar en la problemática mediante la revisión de normativas existentes y la comparación con legislaciones de otros países. Este método resultó efectivo para identificar vacíos legales en la regulación de la desconexión digital y facilitar la detección de mejores prácticas internacionales que podrían ser adaptadas e implementadas en el contexto ecuatoriano. A través de entrevistas con expertos, análisis de casos y estudios comparativos, se logró obtener una visión integral de cómo otras jurisdicciones han abordado estos desafíos, proporcionando un marco sólido para la propuesta de soluciones concretas y viables.

Referencias

[1] S. L. C. Ramírez, and N. E. G. Rúa, "El concepto de teletrabajo: aspectos para la seguridad y salud en el empleo," *Revista CES Salud Pública,* vol. 5, no. 1, pp. 82-91, 2014.

[2] L. O. Havriluk, "El Teletrabajo: Una opción en la era digital," *Observatorio laboral revista venezolana,* vol. 3, no. 5, pp. 93-109, 2010.

[3] W. Santillan, "El teletrabajo en el COVID-19," *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica,* vol. 9, no. 2, pp. 65-76, 2020.

[4] A. C. Del Ecuador, "Constitución de la República del Ecuador," *Quito: Tribunal Constitucional del Ecuador. Registro oficial Nro,* vol. 449, pp. 79-93, 2008.

[5] C. Del Trabajo, "Código del trabajo," *Registro Oficial Suplemento 167 de 16-dic-2005*, 2012.

[6] L. O. del Servicio Público, "Ley Orgánica del Servicio Público," *Última Reforma. Ley Orgánica del Servicio Público. Recuperado el,* vol. 1, 2010.

[7] A. ECUADOR, "Ley Orgánica Reformatoria a la Ley Orgánica del Servicio Público y al Código del Trabajo para prevenir el Acoso Laboral," *Fiel Web*, pp. 1-4, 2017.

[8] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[9] L. G. P. Cordón, "Modelos de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico," Universidad de Jaén, 2008.

[10] M. R. M. Arroyave, A. F. Estrada, and R. C. González, "Modelo de recomendación para la orientación vocacional basado en la computación con palabras [Recommendation models for vocational orientation based on computing with words]," *International Journal of Innovation and Applied Studies,* vol. 15, no. 1, pp. 80, 2016.

[11] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[12] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[13] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[14] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[15] J. E. Ricardo, A. J. Fernández, and M. Y. Vázquez, "Compensatory Fuzzy Logic with Single Valued Neutrosophic Numbers in the Analysis of University Strategic Management," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 18, no. 4, 2022.

[16] M. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and F. Smarandache, *Enhancing set-theoretic research methods with neutrosophic sets*: Infinite Study, 2024.

[17] J. P. Ramos-Carpio, O. J. A. Machado, J. E. Ricardo, and A. B. M. Vasquez, "Assessing Higher Education's Role in Personality Formation Using NeutroAlgebra," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 71, pp. 50-57, 2024.

[18] M. Y. L. Vázquez, N. B. Hernández, J. E. Ricardo, and J. F. G. García, "Aplicación de análisis de sentimientos y enfoques neutrosóficos para la comprensión de información textual en la investigación," *Revista Conrado,* vol. 19, no. 94, pp. 294-300, 2023.

[19] N. Batista Hernández, and J. Estupiñán Ricardo, "Gestion empresarial y posmodernidad: Infinite Study," 2018.

[20] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[21] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[22] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[23] F. Smarandache, and M. Leyva-Vázquez, *Fundamentos de la lógica y los conjuntos neutrosóficos y su papel en la inteligencia artificial*: Infinite Study, 2018.

[24] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[25] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[26] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[27] X. R. Vattuone, "Teletrabajo y capitalismo de vigilancia," *Telos,* vol. 23, no. 1, pp. 177-188, 2021.

[28] E. Carrizosa-Prieto, "La regulación del teletrabajo estructural en Iberoamérica," *Archivos de prevención de riesgos laborales,* vol. 25, no. 2, pp. 162-179, 2022.

[29] E. E. T. Visconti, "El derecho a la desconexión digital en el ámbito laboral," *Pertsonak eta Antolakunde Publikoak Kudeatzeko Euskal Aldizkaria= Revista Vasca de Gestión de Personas y Organizaciones Públicas*, no. 17, pp. 150-161, 2019.

[30] J. G. R. R. Gil, and J. A. Armenta, "Metaanálisis sobre ciudadanía digital en Iberoamérica: énfasis en educación," *Edutec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, no. 82, pp. 91-103, 2022.

[31] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[32] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[33] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[34] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[35] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[36] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[37] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 15, 2025. Aceptado: marzo 05, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Mapa Cognitivo Neutrosófico para el análisis de los factores que retrasan el proceso de adopción en la ciudad de Ibarra

Neutrosophic Cognitive Map for the analysis of the factors that delay the adoption process in the city of Ibarra

Karen Nicole Flores Cano [1], Ángela Patricia Arellano Guilcamaigua [2], Mayerly Salomé Pozo Mera[3], and Rosa Evelyn Chugá Quemac [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. karenfc32@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. angelaag62@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. mayerlypm72@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. ut.rosachuga@uniandes.edu.ec

Resumen. El proceso de adopción en Ecuador enfrenta diversos desafíos que afectan significativamente los derechos de los niños, niñas y adolescentes involucrados. A pesar de ser reconocida como una medida crucial para proporcionar un entorno familiar estable y protector, la adopción se ve obstaculizada por la burocracia, la falta de recursos y los retrasos prolongados en los procedimientos administrativos y judiciales. En este contexto, se propone desarrollar un Mapa Cognitivo Neutrosófico que permita analizar de manera integral los factores que retrasan el proceso de adopción en la ciudad de Ibarra. El marco legal ecuatoriano, delineado en el Código Orgánico de la Niñez y Adolescencia y el Código Civil, establece condiciones rigurosas para los adoptantes, como estabilidad económica y capacidad legal, con el objetivo de asegurar el bienestar de los menores. El impacto de estos retrasos va más allá de los aspectos legales y administrativos, afectando el desarrollo emocional y psicológico de los niños y adolescentes en espera de adopción. Por lo tanto, es fundamental analizar no solo las implicaciones jurídicas y sociales del proceso, sino también identificar y abordar estos factores que impiden una adopción efectiva, con miras a evitar la vulneración de derechos de los menores. Se sugiere mejorar la coordinación interinstitucional, capacitar al personal y optimizar los procesos administrativos para proteger y asegurar los derechos de los menores en este proceso vital.

Palabras Claves: Mapa Cognitivo Neutrosófico, adopción; factores tardíos; familia; menores de edad.

Abstract. The adoption process in Ecuador faces various challenges that significantly affect the rights of the children and adolescents involved. Despite being recognized as a crucial measure to provide a stable and protective family environment, adoption is hampered by bureaucracy, lack of resources, and long delays in administrative and judicial procedures. In this context, it is proposed to develop a Neutrosophic Cognitive Map that allows a comprehensive analysis of the factors that delay the adoption process in the city of Ibarra. The Ecuadorian legal framework, outlined in the Organic Code of Children and Adolescents and the Civil Code, establishes rigorous conditions for adopters, such as economic stability and legal capacity, with the aim of ensuring the well-being of minors. The impact of these delays goes beyond legal and administrative aspects, affecting the emotional and psychological development of children and adolescents awaiting adoption. Therefore, it is essential to analyze not only the legal and social implications of the process, but also to identify and address these factors that prevent effective adoption, with a view to avoiding the violation of the rights of minors. It is suggested to improve inter-institutional coordination, train staff and optimize administrative processes to protect and ensure the rights of minors in this vital process.

Keywords: Cognitive Neutrosophic Map, adoption; late factors; family; minors

1 Introducción

En la actualidad, la adopción es considerada una medida de protección fundamental para el cuidado de niños, niñas y adolescentes que están en condiciones de ser acogidos por una familia. La Declaración Universal de los Derechos Humanos, en su artículo 16, numeral 3, sostiene que la familia es el "elemento natural y fundamental de la sociedad", y que posee el derecho a recibir protección tanto de la sociedad como del Estado [1]. La adopción se concibe como un mecanismo que permite a los menores disfrutar de un ambiente familiar, brindado por padres adoptivos que les ofrezcan la protección y el afecto necesarios, mejorando así su calidad de vida en comparación con las limitaciones que muchas familias biológicas enfrentan [2].

Sin embargo, los retrasos en los procesos de adopción generan dificultades que ponen en riesgo el bienestar de los menores. La morosidad de estos procedimientos afecta negativamente los derechos reconocidos a los niños y adolescentes, comprometiendo su interés superior [3]. La falta de agilidad en el proceso de adopción puede atribuirse a diversos factores, como la burocracia, la escasez de recursos y la ineficiencia en la implementación de normas y procedimientos [4]. Por lo tanto, es crucial que la adopción se realice de manera eficiente para salvaguardar los derechos de los niños y garantizar su bienestar.

La adopción en Ecuador reviste una importancia significativa, ya que, además de asegurar derechos, protege a numerosos niños y adolescentes en situación de abandono, salvándolos de la calle y la pobreza. Estos menores, que se encuentran expuestos a la delincuencia y la mendicidad debido a factores económicos, sociales y morales, se benefician enormemente de un hogar estable [5]. La adopción es un acto jurídico que no solo protege a los menores, sino que también otorga seguridad jurídica a los adoptantes, estableciendo derechos y obligaciones recíprocas.

No obstante, la falta de recursos y personal especializado en las agencias de adopción y los juzgados de familia prolonga el proceso de adopción. Esta escasez de trabajadores sociales, psicólogos y personal administrativo capacitado retrasa aún más el tiempo de espera tanto para los niños como para las familias adoptivas [6]. Los desafíos socioeconómicos también impactan este proceso; la estabilidad financiera de las familias adoptivas puede ser un obstáculo, dado que se requiere demostrar capacidad para proporcionar un entorno seguro y adecuado para el menor. Además, la situación económica de la región influye en la disponibilidad de recursos y apoyo durante la adopción [7,26.

El proceso de adopción en Ecuador está regulado por el Código Orgánico de la Niñez y Adolescencia y el Código Civil, que establecen condiciones, principios y limitaciones relevantes. Estos códigos contemplan aspectos fundamentales, como la nacionalidad ecuatoriana, el domicilio en el país, la estabilidad económica, y la capacidad legal y preparación académica de los adoptantes, con el objetivo de asegurar que sean apropiados para la adopción.

Según el exministro del Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES), Esteban Bernal, se reconoce la existencia de retrasos innecesarios en la fase administrativa del proceso de adopción. Durante su mandato, junto al expresidente Guillermo Lasso, se presentó un proyecto de ley que propone establecer un plazo razonable para los procedimientos administrativos que debería concluir en un máximo de nueve meses, similar al tiempo de gestación, con el fin de agilizar el proceso y mejorar su eficiencia [8,27].

En este contexto, se propone desarrollar un Mapa Cognitivo Neutrosófico que permita analizar de manera integral los factores que retrasan el proceso de adopción en la ciudad de Ibarra.

2 Materiales y métodos

Los factores que retrasan el proceso de adopción de menores, pueden ser modelado como un problema de toma de decisiones multicriterio a partir del conjunto de casos que representan las alternativas a analizar en el pensamiento, en el cual:

El número de casos retrasados de adopción de menores $P= \{P_1, \dots P_n\}, n \geq 1$,

Que poseen un conjunto de características relacionadas a la adopción, que representan los múltiples criterios valorativos donde: $C= \{C_1, \dots C_m\}, m \geq 2$.

La investigación se enmarca en el objeto de estudio del análisis de indicadores que permiten evaluar los factores que retrasan el proceso de adopción. Utiliza técnicas de inteligencia artificial para la inferencia sobre el análisis de incidencias y basa su funcionamiento a partir del método científico del criterio de expertos para obtener la base de conocimiento necesaria en el desarrollo de la investigación [9]. Para el desarrollo de la presente, se modeló las relaciones causales de los indicadores que permite evaluar los factores que retrasan el proceso de adopción. En este estudio es necesario comprender los siguientes conceptos:

- **Modelos causales:** existen diferentes tipos de causalidad que son expresadas en forma de grafos, donde cada modelo causal que se puede representar por un grafo son representaciones de la causalidad entre conceptos. Los modelos causales permiten modelar la causa o efecto de un determinado evento [10, 11,28] . La Figura 1 muestra un esquema con las diferentes relaciones causales.

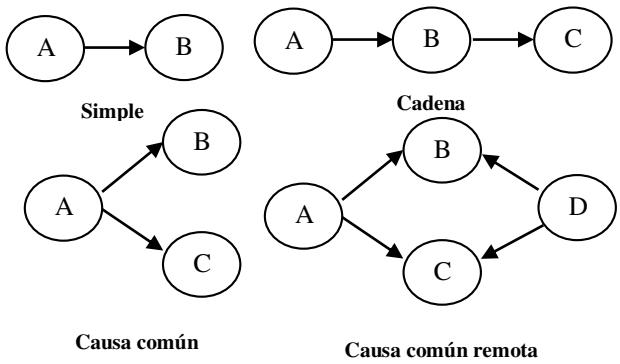


Figura 1: Ejemplo de modelos causales.

- **Mapa Cognitivo Neutrosófico (MCN):** es una técnica que permite la representación de las relaciones causales de diferentes conceptos, propuesta por Kosko [12] como una extensión de los modelos mentales empleando valores difusos en un intervalo de [-1,1]. Los MCN se representan mediante modelos difusos con retroalimentación para representar causalidad [13, 14].

En el MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos [15]:

- $W_{ij} > 0$, indica una causalidad positiva entre los conceptos C_j *y* C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva al incremento (o disminución) en el valor de C_i.
- $W_{ij} < 0$, indica una causalidad negativa entre los conceptos C_j *y* C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva a la disminución (o incremento) en el valor de C_i.
- $W_{ij} = 0$, indica la no existencia de relaciones entre los conceptos C_j *y* C_i.

3 Método para el análisis de los factores que retrasan el proceso de adopción en la ciudad de Ibarra

El sistema propuesto está estructurado para soportar el proceso de análisis de los factores que retrasan el proceso de adopción en la ciudad de Ibarra. Basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio multiexperto donde se modela la integración de la protección a los niños, niñas y adolescentes y el proceso de adopción, a partir del conjunto de criterios que definen el caso. Utiliza en su inferencia modelos causales como forma de representar el conocimiento a partir de la técnica de inteligencia artificial Mapa Cognitivo Neutrosófico. El método está diseñado mediante una arquitectura en tres capas: Capa 1: Entradas; Capa 2: Procesamiento; y Capa 3: Salida de información.

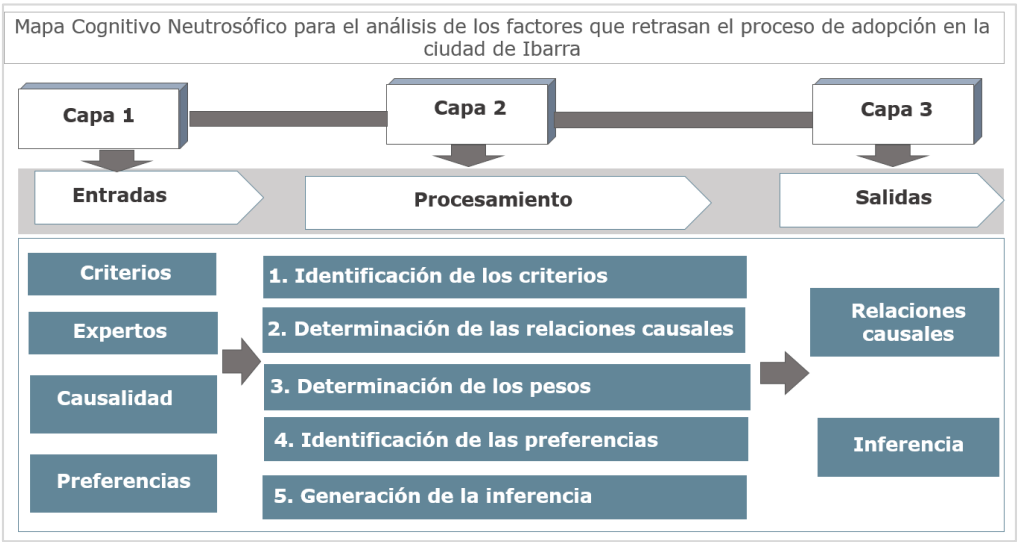


Figura 2. Estructura del método propuesto.

La capa de Procesamiento está conformado por cinco actividades: (1) identificación de los criterios; (2) determinación de las relaciones causales; (3) identificación de los pesos; (4) identificación de las preferencias; y (5) generación de la inferencia. Estas actividades son descritas a continuación:

Actividad 1 identificación de los criterios: La identificación de los criterios para el análisis de los factores que retrasan el proceso de adopción, en la que se determinan el conjunto general de indicadores que determinan la base de inferencia [16-18]. Se utiliza un enfoque multicriterio para analizar la base de casos, por lo que se identifican la mayor cantidad de indicadores posibles.

Actividad 2 determinación de las relaciones causales: En esta actividad se utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Garantiza la representación del conocimiento causal del proceso de adopción de menores [19, 20]. La actividad consiste en extraer el conocimiento que poseen los expertos sobre los casos de adopción de menores y los factores que influyen en el retraso de estos. Las relaciones causales son expresadas mediante un dominio de valores que expresan relaciones de implicación directas o inversas para lo cual se utiliza la escala tal como muestra la Tabla1. Esta actividad es muy importante ya que el conocimiento que poseen los expertos sobre los casos de adopción no está registrado en la base de casos analizada.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Durante la determinación de las relaciones causales se realiza un proceso de agregación donde se obtiene un arreglo denominado matriz de adyacencia que representa los valores asignados a los arcos [21] de modo que:

$$M = \begin{bmatrix} .. & .. & .. \\ .. & W_{ij} & .. \\ .. & .. & .. \\ .. & .. & .. \end{bmatrix}$$

La matriz de adyacencia $M = M(C_i C_j)$ representa el valor causal de la función del arco, el nodo C_i que es imparte C_j. C_i incrementa causalmente a C_j si $M_{ij} = -1$, y no imparte causalmente sí $M_{ij} = 0$.

Actividad 3 identificación de los pesos atribuidos a los criterios: a partir de la obtención en la actividad 2 de la matriz de adyacencia, los valores agregados emitidos por los expertos agrupados, conforman las relaciones con los pesos de los nodos, a través del cual es generado el Mapa Cognitivo Neutrosófico resultante [13, 14]. Mediante un análisis estático del resultado de los valores obtenidos en la matriz de adyacencia se puede calcular el grado de salida utilizándose la ecuación (1) donde se obtienen los pesos atribuidos a cada caso.

$$id_i = \sum_{i=1}^{n} \left\| I_{ji} \right\| \tag{1}$$

Actividad 4 identificación de las preferencias: la identificación de las preferencias es la actividad que consiste en determinar cuál es el comportamiento actual del proceso de adopción de niños, niñas y adolescentes. Para ello se entrevista a los expertos y se determina el grado de preferencia que poseen los criterios a partir de la evaluación. La Tabla 2 muestra el dominio de valores con sus etiquetas lingüísticas utilizados para expresar las preferencias sobre los casos de adopción.

Tabla 2: Dominio de valores para expresar preferencias.

Valor	Impacto
[0,1,1]	Ausencia del criterio (AC)
[0.20,0.85,0.80]	Ligera presencia del criterio (LP)
[0.50,0.50,0.50]	Baja presencia del criterio (BP)
[0.70,0.25,0.30]	Presencia del criterio (PS)
[1,0,0]	Alta presencia del criterio (AP)

Actividad 5 generación de la inferencia: el proceso de generación del análisis se basa en la simulación del escenario propuesto por Glykas [19, 22-24] los nuevos valores de los conceptos expresan la influencia de los conceptos interconectados al concepto específico y se calculan mediante la ecuación (2):

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1; j\neq i}^{n} A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \quad (2)$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji}: es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y f (x) es la función de activación [25].

4 Resultados y discusión

La presente sección realiza una descripción de la implementación del método para el análisis de los factores que retrasan el proceso de adopción de menores, mediante Mapa Cognitivo Neutrosófico. El caso de estudio analiza el comportamiento en casos atendidos en la en la ciudad de Ibarra, Ecuador. A partir del análisis de casos es posible determinar el comportamiento de las diferentes alternativas en función del análisis de los criterios evaluativos. A continuación se describen los resultados del estudio:

Actividad 1 identificación de los criterios:

Para implementar el Mapa Cognitivo Neutrosófico en el análisis de los factores que retrasan el proceso de adopción de menores de edad en la ciudad de Ibarra, es fundamental contar con la participación de expertos en áreas relacionadas con la protección infantil, la adopción, la psicología, el derecho familiar y el trabajo social. Estos profesionales han sido seleccionados por su experiencia en el ámbito de la adopción y su conocimiento de las políticas locales, además de haber trabajado en entornos de promoción de los derechos de la infancia y en el acompañamiento a familias adoptivas. Los criterios de inclusión de estos expertos se basan en su formación académica, experiencia práctica en procesos de adopción, habilidades de mediación y resolución de conflictos, así como en su capacidad para analizar las dinámicas sociales que afectan a la infancia en Ibarra. Para determinar los criterios se utilizó el criterio de experto llegando a las siguientes conclusiones propuestas en la tabla 3.

Tabla 3: Identificación de los criterios.

Nodo	Criterios evaluativos
C_1	Percepción de la adopción: Analiza cómo la comunidad y las familias perciben el proceso de adopción. Factores como estigmas sociales, falta de información y creencias culturales pueden influir en la disposición a adoptar.
C_2	Requisitos legales y burocráticos: Examina la complejidad de los trámites legales necesarios para llevar a cabo una adopción. Procesos largos y poco claros pueden desincentivar a las familias.
C_3	Apoyo y preparación para los adoptantes: Considera la disponibilidad de recursos de apoyo psicológico y social para los potenciales adoptantes. La falta de formación y preparación puede ser un impedimento significativo.
C_4	Condiciones del sistema de protección infantil: Evalúa el estado y la efectividad de las instituciones que gestionan la adopción. La ineficiencia o la falta de recursos en estas entidades pueden retrasar el proceso.
C_5	Contexto socioeconómico de los adoptantes: Analiza cómo la situación económica y social de las familias interesadas en adoptar influye en su capacidad para llevar a cabo el proceso. Las dificultades financieras pueden ser un obstáculo para acceder a la adopción.

Actividad 2 determinación de las relaciones causales:

La determinación de las relaciones causales entre los criterios se utiliza en la escala propuesta en la Tabla 1, donde participaron 5 expertos, se obtuvieron los 5 Mapas Cognitivos Neutrosóficos agregando las respuestas en un único resultado. La Tabla 4 muestra la matriz de adyacencia obtenida como resultado del proceso.

Tabla 4: Matriz de adyacencia resultante

	C_1	**C_2**	**C_3**	**C_4**	**C_5**
C_1	[0, 0,0]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.75, 0.5,0.25]
C_2	[1,0,0]	[0, 0,0]	[0.75, 0.5,0.25]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_3	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]	[0.75, 0.5,0.25]

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_5	[0.75, 0.5,0.25]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0, 0,0]

Actividad 3 identificación de los pesos atribuidos a los criterios:

Para la identificación de los pesos se tiene en cuenta la base de conocimiento almacenado en la matriz de adyacencia de la Tabla 4, aplicando la ecuación (1), se obtiene el comportamiento del peso los criterios para el análisis de los factores que retrasan el proceso de adopción en la ciudad de Ibarra. La Tabla 5 muestra los pesos resultantes.

Tabla 5: Peso atribuido a los criterios

Nodos	Criterios	Peso
C_1	Percepción de la adopción	[0.9, 0.1, 0.1]
C_2	Requisitos legales y burocráticos	[0.73, 0.5,0.25]
C_3	Apoyo y preparación para los adoptantes	[0.74, 0.5,0.25]
C_4	Condiciones del sistema de protección infantil	[0.71, 0.5,0.25]
C_5	Contexto socioeconómico de los adoptantes	[0.9, 0.1, 0.1]

Actividad 4 identificación de las preferencias:

A partir de la entrevista al funcionario público responsable del caso objeto de estudio, se determinó el grado de preferencia que poseen los criterios evaluativos en la protección de los menores de edad en proceso de adopción. El estudio fue realizado en una alternativa que representa el caso objeto de estudio. La Tabla 6 muestra los valores resultantes.

Tabla 6: Preferencia atribuida a los criterios del caso de adopción en análisis.

Alternativa	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	[0.5, 0.25,0]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.5, 0.25,0]	[0.5, 0.25,0]

Actividad 5 generación de la inferencia:

A partir del proceso de simulación de escenario, se obtuvieron las predicciones de los comportamientos en el tiempo de los factores que retrasan el proceso de adopción en la ciudad de Ibarra, mediante el empleo de la ecuación (2). La predicción modela las relaciones de causalidad de los criterios que inciden en la falta de celeridad de los procesos de adopción. La Figura 3 muestra el resultado de la simulación donde se muestran su evolución.

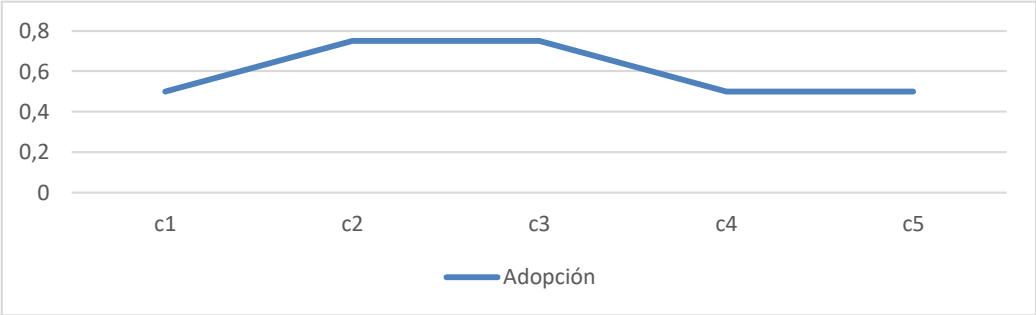


Figura 3: Resultado de la simulación de los criterios.

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a la alternativa y las preferencias se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia del criterio. La Tabla 7 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 7: Procesamiento de la inferencia

Alternativa A_1	Pesos	Preferencias	Agregación
C_1	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_2	[0.73, 0.5,0.25]	[1,0,0]	[0.86, 0.25,0]
C_3	[0.74, 0.5,0.25]	[1,0,0]	[0.87, 0.25,0]
C_4	[0.71, 0.5,0.25]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.80, 0.25,0]
C_5	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]
Índice			[0.87, 0.25,0]

A partir del índice determinado se realiza una comparación del valor obtenido, donde se evidencia un índice retraso en el proceso de adopción de un I= 0.874, lo que representa un Alto índice de retraso el proceso de adopción de niños, niñas y adolescentes, en la ciudad de Ibarra. La evaluación obtenida, proporciona información valiosa para tomas acciones que contribuyan a la protección integral de los menores de edad, partiendo por solventar los factores que retrasan el proceso de adopción.

5 Discusión

El estudio sobre el proceso de adopción en Ecuador revela preocupantes deficiencias que repercuten negativamente en los derechos de los niños, niñas y adolescentes. Dentro del marco legal establecido por el Código Orgánico de la Niñez y Adolescencia, se destaca el derecho fundamental de los menores a contar con una familia, un derecho que se ve comprometido por la notable ineficiencia administrativa observada en los procesos de adopción en la ciudad de Ibarra. Las condiciones que contribuyen al retraso de estas adopciones incluyen el exceso de burocracia y la insuficiente capacitación del personal encargado, factores que no solo prolongan el tiempo de espera, sino que también desalientan a los potenciales adoptantes. [29]

El estudio resalta que el proceso de adopción debería centrarse en el interés superior del niño, lo cual contrasta con la realidad en la que se prioriza la tramitación administrativa sobre el bienestar del menor. Este enfoque convierte a los niños en meros objetos dentro de un sistema que no responde ágilmente a sus necesidades. La falta de seguimiento a los casos en proceso y las demoras en la obtención de documentos esenciales, como las identidades de los menores, exacerbaban la situación y aumentaban la frustración de los adoptantes, creando un ambiente de incertidumbre que puede derivar en la vulneración de derechos fundamentales, incluidos el derecho a una vida digna y protegida. [30]

Los criterios de evaluación analizados en el estudio enfatizan la necesidad de reformar el sistema actual para que la adopción se realice de manera más fluida y centrada en el bienestar del menor. Es crucial que se implemente un enfoque que priorice la formación continua del personal del Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIESS) y la simplificación de procedimientos burocráticos, asegurando una atención adecuada y efectiva a los niños que esperan ser adoptados. Asimismo, se hace necesario establecer protocolos de seguimiento más rigurosos durante todo el proceso de adopción, lo que podría minimizar las demoras y evitar que los niños permanezcan en situaciones de vulnerabilidad durante períodos prolongados. [31]

De manera general, el análisis evidencia que el sistema de adopción en Ibarra enfrenta obstáculos que requieren atención inmediata. Implementar reformas estructurales en los procesos, junto con un mayor compromiso de las instituciones involucradas, es imperativo para garantizar que el derecho de los niños, niñas y adolescentes a tener una familia se respete y se haga efectivo. La adopción debe ser un proceso que fluya de manera eficiente y que valore, ante todo, el interés y el bienestar de los menores, ofreciendo la oportunidad de una vida familiar estable y amorosa. [32]

6 Conclusión

A través de la implementación del Mapa Cognitivo Neutrosófico, se pudo realizar un análisis exhaustivo que reveló los factores que retrasan el proceso de adopción en la ciudad de Ibarra. La adopción de menores de edad es una medida crucial para garantizar la protección integral de niños, niñas y adolescentes, proporcionando un entorno familiar seguro y propicio para su desarrollo. Este proceso requiere un enfoque cuidadoso y preciso, que asegure tanto el bienestar de los menores como la idoneidad de los adoptantes. Sin embargo, cuando los procedimientos se prolongan en exceso, las consecuencias pueden ser profundamente negativas, afectando el desarrollo emocional y psicológico de los menores, quienes se encuentran en situaciones de vulnerabilidad. Aunque es fundamental realizar un examen minucioso para proteger sus derechos, los retrasos innecesarios pueden llevar al abandono de estos niños, perpetuando su desamparo y exponiéndolos a riesgos adicionales. Por lo tanto, es imperativo que el sistema de adopción no solo priorice la meticulosidad, sino también la eficiencia, promoviendo un marco que agilicé los trámites necesarios sin sacrificar la calidad del proceso.

Referencias

[1] D. Humanos, “Declaración Universal de los Derechos humanos,” *La Convención Internacional de los Derechos del Niño. Naciones Unidas. Declaración sobre la Protección de todas las personas contra la tortura*, 1948.

[2] J. Y. Lee, O. D. Chang, and T. Ammari, “Using social media Reddit data to examine foster families' concerns and needs during COVID-19,” *Child Abuse & Neglect,* vol. 121, pp. 105262, 2021.

[3] A. L. N. García, and H. M. Solórzano, “Factores socioculturales y estado nutricional de los menores de 3 años en un centro de atención infantil ecuatoriano,” *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 3, pp. 300-312, 2024.

[4] C. S. Pace, S. Muzi, and F. Madera, "Emotional-behavioral problems, attachment and verbal skills in late-adopted adolescents: The role of pre-adoption adversities and adoption variables," *Child Abuse & Neglect,* vol. 130, pp. 105188, 2022.

[5] M. Bertran, and V. Badia, "El tiempo de espera en la adopción:¿ tiempo de riesgo o de formación para la prevención para las familias?," *Aloma: revista de psicologia, ciències de l'educació i de l'esport Blanquerna,* vol. 32, no. 2, pp. 65-75, 2014.

[6] D. N. Arellano-Mendoza, C. A. Astudillo-Rodriguez, and H. G. García–Segarra, "Principio de Interés Superior del Niño y la Celeridad Procesal en los juicios de Adopción en el Ecuador," *MQRInvestigar,* vol. 8, no. 3, pp. 941-962, 2024.

[7] E. M. Q. Aucapiña, and E. R. E. Murillo, "La adopción frente al interés superior de los niños/as y adolescentes en Ecuador," *Revista Imaginario Social,* vol. 7, no. 4, 2024.

[8] M. d. I. E. y. Social, "Programa Abrazo De Adopción," 2020.

[9] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.

[10] O. M. Cornelio, B. B. Fonseca, and F. R. Marzo, "Metodología para la reutilización de la basura tecnológica en la asignatura de Arquitectura de Computadoras," *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria,* vol. 5, no. 2, pp. 183-198, 2021.

[11] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, "Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.

[12] B. KOSKO, "Fuzzy cognitive maps," *International Journal of Man-Machine Studies,* vol. 24, no. 1, pp. 65-75, 1986.

[13] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[14] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[15] Gonzalo Nápoles, Maikel Leon Espinosa, Isel Grau, Koen Vanhoof, and R. Bello, *Fuzzy Cognitive Maps Based Models for Pattern Classification: Advances and Challenges*, p.^pp. 83-98, Soft Computing Based Optimization and Decision Models, 2018.

[16] B. B. Fonseca, and O. Mar, "Implementación de operador OWA en un sistema computacional para la evaluación del desempeño," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2021.

[17] C. Marta Rubido, and O. M. Cornelio, "Práctica de Microbiología y Parasitología Médica integrado al Sistema de Laboratorios a Distancia en la carrera de Medicina," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[18] O. Mar, and B. Bron, "Procedimiento para determinar el índice de control organizacional utilizando Mapa Cognitivo Difuso," *Serie Científica*, pp. 79-90.

[19] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica,* vol. 13, no. 2, 2021.

[20] M. Cornelio, "Estación de trabajo para la práctica de Microbiología y Parasitología Médica en la carrera de medicina integrado al sistema de laboratorios a distancia," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[21] O. Mar Cornelio, "Modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un sistema de laboratorios remoto," 2019.

[22] Author ed.^eds., "Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications," *Secaucus, NJ, USA*: Springer Verlag, 2010, p.^pp. Pages.

[23] O. Mar-Cornelio, I. Santana-Ching, and J. González-Gulín, "Sistema de Laboratorios Remotos para la práctica de Ingeniería de Control," *Revista científica,* vol. 3, no. 36, 2019.

[24] M. Y. L. Vázquez, I. A. M. Alcivar, M. E. P. González, R. M. A. Flores, R. L. Fernández, and M. A. T. Bonifaz, "Obtención de modelos causales como ayuda a la comprensión de sistemas complejos," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil,* vol. 18, no. 2, 2018.

[25] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.

[26] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[27] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[28] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[29] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[30] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[31] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[32] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 16, 2025. Aceptado: marzo 06, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación a la vulneración de derechos de los menores migrantes en la ciudad de Tulcán

Neutrosophic Multicriteria Method for the evaluation of the violation of rights of migrant minors in the city of Tulcan

David Alexander Arcos Pazmiño[1], Alejandra Deyanira Villarreal Villarreal[2], Daniel Alejandro Herrera Aguilar[3], and Rosa Evelyn Chugá Quemac[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. dt.davidaap95@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. alejandravv22@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. danielha11@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. ut.rosachuga@uniandes.edu.ec

Resumen. En la ciudad de Tulcán, se ha observado la presencia de personas inmigrantes en varios lugares, muchas de las cuales se encuentran en situaciones vulnerables y piden ayuda económica para alimentarse. La mayoría de estos migrantes está acompañada de menores de edad, quienes enfrentan diversos tipos de discriminación y violaciones a los derechos establecidos en la Constitución. La presente investigación tiene como objetivo implementar un Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación a la vulneración de derechos de los menores migrantes en la ciudad de Tulcán. Los resultados incluyeron información importante proporcionada por un miembro de una organización no gubernamental, quien compartió su perspectiva como alguien dedicado a ayudar a estas personas. En conclusión, se destaca la urgencia de implementar políticas públicas que promuevan y garanticen los derechos de los migrantes, enfatizando la necesidad de generar conciencia al respecto.

Palabras Claves: método multicriterio neutrosófico, evaluación, vulneración de derechos, menores migrantes, ciudad de Tulcán.

Abstract. In the city of Tulcán, the presence of immigrants has been observed in various places, many of whom are in vulnerable situations and ask for financial help to feed themselves. Most of these migrants are accompanied by minors, who face various types of discrimination and violations of the rights established in the Constitution. The present research aims to implement a Neutrosophic Multicriteria Method for the evaluation of the violation of the rights of migrant minors in the city of Tulcán. The results included important information provided by a member of a non-governmental organization, who shared his perspective as someone dedicated to helping these people. In conclusion, the urgency of implementing public policies that promote and guarantee the rights of migrants is highlighted, emphasizing the need to raise awareness in this regard.

Keywords: Neutrosophic multicriteria method, evaluation, violation of rights, migrant minors, city of Tulcán.

1 Introducción

La realización de este proyecto se fundamenta en la compleja problemática que enfrentan los países de América, que atraviesan situaciones críticas derivadas de conflictos políticos que han impactado severamente sus economías. Esta adversidad ha llevado a muchos habitantes a tomar la difícil decisión de emigrar en busca de un futuro más prometedor para ellos y sus familias. En los países de acogida, con el apoyo de organizaciones internacionales, estas personas pueden acceder a beneficios especiales y a un tratamiento digno, al ser reconocidas como refugiadas legalmente, lo que les permite solicitar asilo y determinar su permanencia en el nuevo país.

Es crucial identificar los motivos que impulsan la migración, siendo la búsqueda de mejores condiciones de vida el factor predominante en Latinoamérica. En este contexto, la corrupción se ha convertido en un fenómeno

común, donde los líderes políticos priorizan intereses personales sobre el bienestar colectivo [1].

La crisis humanitaria en Venezuela es particularmente alarmante: aproximadamente siete millones de personas requieren asistencia humanitaria, y muchas carecen de acceso a atención médica básica y a una nutrición adecuada. Además, más de siete millones de venezolanos han dejado su país, propiciando una de las crisis migratorias más significativas a nivel global. La corrupción, entendida en sus diversos matices, tiene efectos profundos en la sociedad, incluyendo el aumento de la desigualdad, la dificultad en la resolución de conflictos y el estancamiento del desarrollo económico. Este estudio busca examinar cómo la corrupción, especialmente en el ámbito de la justicia, es percibida por la sociedad en América Latina y cómo este fenómeno alimenta el deseo de buscar nuevas oportunidades en otros países, contribuyendo así a la creciente migración.

La polarización política en Venezuela, donde la oposición culpa al gobierno por el colapso económico y el gobierno sostiene que es víctima de una guerra económica y de sanciones internacionales, ha intensificado los flujos migratorios. Aunque existen discrepancias sobre el conteo de migrantes venezolanos y su interpretación ideológica, la realidad de la emigración es innegable [2,25].

En Ecuador, hay más de 721 mil personas en situación de refugio, incluidos niños, niñas y adolescentes que escapan de la violencia sistemática. Sin embargo, al llegar a Ecuador, sus derechos sociales son frecuentemente vulnerados. El acceso a la educación, un derecho fundamental de la infancia, presenta obstáculos significativos, como la discriminación y el acceso limitado, lo que sugiere que el Estado ecuatoriano no está cumpliendo adecuadamente con sus obligaciones hacia las personas refugiadas, pese a la proclamación de políticas de fronteras solidarias.

La mayoría de los migrantes en Ecuador son de nacionalidad venezolana y no están exentos de sufrir violaciones de derechos, particularmente los menores. El gobierno ecuatoriano ha implementado medidas para proteger a los niños en movilidad humana, incluyendo la firma reciente de un protocolo para asegurar mecanismos de protección para niños migrantes, tanto solos como acompañados.

De acuerdo con UNICEF es esencial establecer mecanismos para ayudar a niños y familias migrantes en su traslado dentro del país, garantizando acceso a agua potable, servicios de saneamiento, educación, salud y nutrición, así como protección a aquellos que requieren asistencia. Es fundamental que los gobiernos prioricen el interés superior de los niños en sus políticas de inmigración.

La búsqueda de mejores condiciones de vida, junto con la inestabilidad política y la corrupción, son factores determinantes en las decisiones migratorias. Es crucial considerar que una proporción significativa de estos migrantes son menores de 18 años que enfrentan condiciones adversas, que incluyen el impacto del cambio climático y situaciones de calle.

La vulneración de derechos se refiere a cualquier transgresión a los derechos de niños y adolescentes, tal como se establece en la Convención sobre los Derechos del Niño. Cualquier forma de violación de derechos es grave y demanda que los Estados implementen medidas preventivas y mecanismos de restitución.

En la provincia de Carchi, al norte de Ecuador, la situación de los niños migrantes se ha convertido en un problema crítico, con múltiples desafíos como la falta de acceso a educación y servicios de salud, así como situaciones de violencia. Recientemente, el Defensor Público de la provincia se reunió con representantes del Consejo de Protección de Derechos para establecer protocolos que garanticen la atención integral a esta población vulnerable y la protección de sus derechos [3,26].

Entre 1,500 y 1,800 migrantes cruzan diariamente la provincia de Carchi, siendo alrededor de 900 las personas, en su mayoría de sectores vulnerables como niños y mujeres, que reciben alojamiento temporal cada semana.

La vulneración de los derechos de los menores migrantes en Tulcán representa un problema que requiere atención urgente, pues estos enfrentan numerosos desafíos, incluyendo la falta de acceso a servicios básicos, la discriminación y la explotación laboral. La protección de su bienestar es esencial, considerando que muchos carecen de atención médica, educación y vivienda digna, lo que limita gravemente su desarrollo y calidad de vida.

2 Materiales y métodos

La presente sección describe el funcionamiento del Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación a la vulneración de derechos de los menores migrantes en la ciudad de Tulcán. Se presentan las características generales de la solución propuesta. Se describen las principales etapas y actividades que conforman el método. El método multicriterio neutrosófico propuesto se fundamenta en varias cualidades clave que garantizan su efectividad y adaptabilidad en la evaluación a la vulneración de derechos de los menores migrantes en la ciudad de Tulcán:

- Integración: Este método asegura la interconexión de diversos componentes que permiten la evaluación a la vulneración de derechos de los menores migrantes en la ciudad de Tulcán.
- Flexibilidad: Utiliza 2-tuplas para representar la incertidumbre, lo que enriquece la interoperabilidad entre los usuarios del método.
- Interdependencia: Se basa en la colaboración con expertos, quienes proporcionan los datos de entrada necesarios. Estos aportes son fundamentales, ya que los resultados obtenidos no solo se convierten en información valiosa, sino que también alimentan una base de conocimientos que fortalece el proceso de inferencia y análisis en futuras evaluaciones.

El método se apoya también en los siguientes principios esenciales:

- Identificación de indicadores: Un equipo de expertos es responsable de identificar los indicadores pertinentes para la evaluación a la vulneración de derechos de los menores migrantes en la ciudad de Tulcán.
- Uso de métodos multicriterios: La aplicación de estos métodos en la evaluación permite una mejor consideración de los diferentes criterios que afectan el precio, facilitando así una toma de decisiones más informada y justa.

Estas características y principios son fundamentales para abordar adecuadamente las complejidades en la evaluación de precios de servicios de salud en el contexto ecuatoriano.

El método para la evaluación a la vulneración de derechos de los menores migrantes en la ciudad de Tulcán, está estructurado para gestionar el flujo de trabajo del proceso de evaluación a partir de un método de inferencia multicriterio. Este método posee tres etapas fundamentales: entrada, procesamiento y salida de información. La Figura 1 muestra un esquema que ilustra el funcionamiento general del método.

Figura 1. Estructura del Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación a la vulneración de derechos de los menores migrantes en la ciudad de Tulcán.

2.1 Descripción de las etapas del modelo

El método propuesto está diseñado para garantizar la gestión del flujo de trabajo en el proceso de evaluación a la vulneración de derechos de los menores migrantes en la ciudad de Tulcán. Utiliza un enfoque multicriterio multiexperto donde se identifican indicadores evaluativos para determinar el funcionamiento del procesamiento del método. La etapa de procesamiento está estructurada por cuatro actividades que rigen el proceso de inferencia del procesamiento. A continuación se detalla su funcionamiento:

Actividad 1: Selección de expertos.

El primer paso en este proceso es determinar el grupo de expertos que participará en la investigación. La selección se basa en la metodología propuesta por Fernández [4]. Este proceso inicia con el envío de un modelo a los posibles expertos, que incluye una breve explicación sobre los objetivos del estudio y el área del conocimiento relevante. Las actividades que se llevan a cabo son las siguientes:

Establecimiento de contacto: Se contacta a expertos en la materia y se les invita a unirse al panel de participantes. Esta etapa tiene como objetivo reunir un grupo de expertos con conocimientos significativos para la aplicación del método.

Filtrar expertos: Es crucial filtrar a aquellos expertos que no posean un nivel adecuado de conocimiento. El proceso de selección se centra en aquellos con mayor experiencia y prestigio en el área específica del estudio. Para llevar a cabo esta filtración, se utiliza un cuestionario de autoevaluación, que busca determinar el coeficiente de conocimiento o información (K_c). La fórmula correspondiente se expresa en la ecuación 1.

$$K_c = n(0,1) \tag{1}$$

donde:
K_c: coeficiente de conocimiento o información
n: rango seleccionado por el experto

Actividad 2 Identificación de criterios de evaluación

Una vez seleccionados los expertos, se inicia el proceso de identificación de los criterios evaluativos que alimentarán el método de investigación y servirán como parámetros para la fase de análisis. Las actividades que se llevarán a cabo son las siguientes:

Cuestionario inicial: Se enviará un cuestionario diseñado a los panelistas con el objetivo de recabar sus opiniones sobre los criterios evaluativos relevantes para la investigación. Este cuestionario ha sido elaborado previamente y tiene como finalidad generar un conjunto de criterios consensuados entre los expertos, lo que asegura una base sólida para el estudio.

Análisis de respuestas: Las respuestas recibidas serán analizadas minuciosamente para identificar áreas de acuerdo y desacuerdo entre los panelistas. Esta actividad permitirá realizar un examen detallado del comportamiento de las respuestas, resaltando tanto los elementos comunes como las divergencias significativas. Este análisis proporcionará una visión clara de las perspectivas de los expertos y contribuirá a afinar los criterios propuestos.

Retroalimentación y re-evaluación: Se enviará a los expertos un análisis resumido de las respuestas obtenidas, solicitándoles que completen nuevamente el cuestionario y que expliquen sus discrepancias. Esta etapa es esencial, ya que brinda una nueva perspectiva sobre el conocimiento recopilado, y fomenta un diálogo más profundo entre los panelistas, lo que puede enriquecer el desarrollo de los criterios.

Iteración del proceso: Este proceso se repetirá hasta que las respuestas tiendan a estabilizarse. Una vez alcanzada esta estabilidad, se considera que el método ha cumplido su propósito; esto se traduce en la obtención de un conjunto de criterios evaluativos que gozan de aceptación general entre los expertos. Este enfoque iterativo garantiza que los criterios seleccionados sean robustos y reflejen un consenso informado, lo que aumenta la validez y fiabilidad de la investigación. [27]

Este método permite no solo la construcción colaborativa y consensuada de criterios evaluativos, sino también la mejora continua del proceso mediante la iteración y la retroalimentación.

Este procedimiento no solo sostiene la rigurosidad del proceso sino que también garantiza que los criterios evaluativos sean representativos de la experticia acumulada en el panel, enriqueciendo así la validez de los resultados obtenidos. La actividad obtiene como resultado el conjunto de criterios evaluativos del método. Emplea un enfoque multicriterio expresado como muestra la ecuación 2.

$$C = \{c_1, c_2, , , c_m\} \tag{2}$$

Donde:

$$m > 1, \tag{3}$$

Actividad 3 Determinación de los pesos de los creiterios.

Para determinar los pesos atribuidos a los criterios evaluativos se utiliza el grupo de expertos que intervienen en el proceso. Se les pide que determinen el nivel de importancia atribuido a los criterios evaluativos identificados en la actividad previa.

Los pesos de los criterios evaluativos son expresados mediante un dominio de valores difusos. Los conjuntos difusos dan un valor cuantitativo a cada elemento, el cual representa el grado de pertenencia al conjunto. Un conjunto difuso A es una aplicación de un conjunto referencial S en el intervalo [0, 1], Tal que: $A: S \rightarrow [0,1]$, y se define por medio de una función de pertenencia:

$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1. \tag{4}$$

Para mejorar la interpretabilidad en la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios, se emplean términos lingüísticos basados en 2-tuplas Neutrosóficas [5], [6], [7]. La utilización de etiquetas lingüísticas en modelos de decisión implica, a menudo, la realización de operaciones con estas etiquetas [8-10]. En este contexto, se presenta la tabla 1, que da cuenta del conjunto de términos lingüísticos y sus respectivos valores.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Una vez obtenidos los vectores de pesos de los diferentes expertos que intervienen en el proceso se realiza un proceso de agregación de información a partir de una función promedio tal como muestra la ecuación 5.

$$VA = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_{ij}}{E} \tag{5}$$

Where:
VA: valor agregado,
E: cantidad de expertos que participan en el proceso,
C_{ij}: vector de pesos expresado por los expertos para los criterios C.

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

La actividad para la determinación de las preferencias consiste en identificar el impacto que poseen los criterios evaluativos sobre la evaluación a la vulneración de derechos de los menores migrantes en la ciudad de Tulcán. El proceso de evaluación es realizado mediante una escala numérica de modo que se exprese el nivel de pertenencia de los indicadores [11, 12]. La figura 2 muestra una gráfica con los conjuntos de etiquetas lingüísticas utilizados.

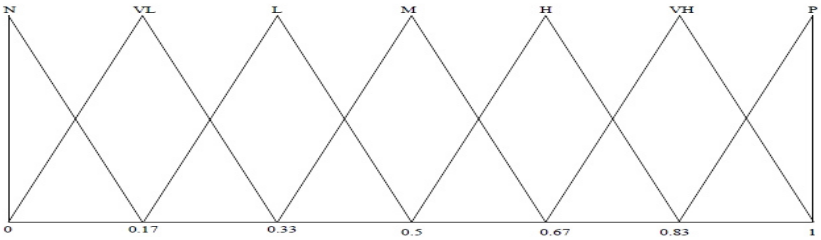


Figura 2. Conjunto de etiquetas lingüísticas.
Nota: N: Nulo; VL: Muy Bajo; L: Bajo; M: Medio; H: Alto; VH: Muy Alto; P: Preferido

Para la evaluación a la vulneración de derechos de los menores migrantes en la ciudad de Tulcán, se describe el problema y la evaluación de cada alternativa a partir del cual se forma la matriz de evaluación [13-15]. La matriz está compuesta por las alternativas, los criterios y la valoración de cada criterio para cada alternativa [16-18]. A partir de obtener las preferencias de cada criterio evaluativo sobre el objeto de estudio, se realiza el proceso de inferencia de información [6, 19]. La inferencia es guiada mediante el uso de operadores de agregación de información.

Se parte del conjunto de alternativas A:

$$A = \{A_1, A_2, \ldots, A_m\} \tag{6}$$

A las cuales se les obtienen las preferencias P:

$$P = C_1, , C_n \tag{7}$$

A los criterios evaluativos se les aplica un método multicriterio para procesar las alternativas a partir de los vectores de pesos W definidos por los expertos sobre los criterios evaluativos.

$$W = \{w_1, w_2, , w_n\} \tag{8}$$

El proceso de agregación se realiza con la utilización de operadores de agregación de información [20, 21]. El objetivo fundamental consiste en obtener valoraciones colectivas a partir de valoraciones individuales mediante el uso de operadores de agregación. Para el procesamiento del método propuesto se utiliza el operador de agregación OWA (*Ordered Weighted Averaging)* [22].

Los operadores OWA funcionan similar a los operadores media ponderada, aunque los valores que toman las variables se ordenan previamente de forma decreciente y, contrariamente a lo que ocurre en las medias ponderadas, los pesos no están asociados a ninguna variable en concreto [23, 24].

Definición 1: Dado un vector de pesos $W = w_1, , w_n \in [0,1]^n$ tal que: $\sum_{i=1}^{n} w_i$, el operador (OWA) asociado a w es el operador de agregación f_n^w: → R definido por:

$$f_n^w(u) = \sum_{i=1}^{n} w_i \, v_i \tag{9}$$

donde v_i es el i-ésimo mayor elemento de $\{u_1, , u_n\}$

Para la presente investigación se define el proceso de agregación de la información empleado, tal como expresa la ecuación 10.

$$F(p_1,,p_2,,p_n) = \sum_{j=1}^{n} w_j b_j \quad (10)$$

Donde:
P: conjunto de preferencias obtenidas de la evaluación de los criterios para la evaluación a la vulneración de derechos de los menores migrantes en la ciudad de Tulcán.
w_j: son los vectores de pesos atribuidos a los criterios evaluativos.
bj: es el j-ésimo más grande de las preferencias p_n ordenados.

3 Resultados y discusión

3.1 Implementación del método

A continuación se presentan las valoraciones alcanzadas por cada actividad del Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación a la vulneración de derechos de los menores migrantes en la ciudad de Tulcánr:

Actividad 1: Selección de loes expertos.

Para la aplicación del método, se aplicó un cuestionario con el objetivo de seleccionar el grupo de expertos a intervenir en el proceso. Se logró el compromiso desinteresado de 9 expertos. Se les aplicó el cuestionario de autoevaluación a los 9 expertos donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- 3 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia sobre el tema objeto de estudio de 10 puntos.
- 2 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 9 puntos.
- 2 expertos se autoevalúa con un nivel de competencia de 8 puntos.
- 2 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 6 puntos.

El coeficiente de conocimiento K_c representa un parámetro importante en la aplicación del método propuesto. Para la investigación se obtienen los K_c por experto tal como refiere la tabla 2

Tabla :

Tabla 2. Coeficiente de conocimiento por expertos.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,90	1	0,80	0,60	0,90	0,60	0,80	1

Se realizaron cuatro preguntas a los expertos con el objetivo de evaluar su nivel de conocimiento sobre el tema. Los resultados fueron los siguientes:

- **Pregunta 1:** En relación a los análisis teóricos realizados por los expertos sobre la evaluación de la vulneración de derechos de menores migrantes en Tulcán, 5 expertos se autoevaluaron con un nivel Alto y 2 con un nivel Medio.
- **Pregunta 2:** Respecto a estudios publicados por autores ecuatorianos sobre la misma evaluación, 5 expertos se calificaron con un nivel Alto, 2 con un nivel Medio y 2 con un nivel Bajo.
- **Pregunta 3:** Sobre el contacto directo en la evaluación de la vulneración de derechos de los menores migrantes en Tulcán, 5 expertos indicaron un nivel Alto, 3 un nivel Medio y 1 un nivel Bajo.
- **Pregunta 4:** En cuanto al conocimiento del estado actual de esta evaluación en Tulcán, 4 expertos se autoevaluaron con un nivel Alto, 4 con un nivel Medio y 1 con un nivel Bajo.

La figura 3 muestra una gráfica con el comportamiento de los coeficientes de conocimiento de los expertos. A partir del análisis de los resultados se determina utilizar 7 de los 9 expertos previstos inicialmente.

Figura 3. Representación del coeficiente de conocimiento de los expertos.

Actividad 2 Identificación de criterios de evaluación

Para la actividad se realizó una encuesta a los expertos que intervienen en el proceso. El objetivo consistió en identificar los criterios para la evaluación a la vulneración de derechos de los menores migrantes en la ciudad de Tulcán. Los indicadores constituyen el elemento fundamental sobre el cual se realiza el procesamiento en etapas siguientes.

La tabla 3 visualiza los criterios evaluativos obtenidos de la actividad.

Tabla 3: Criterios evaluativos obtenidos.

ID	Criterios evaluativos	Descripción
C_1	Acceso a la Educación	Evaluar si los menores migrantes tienen acceso a la educación formal y si se les brindan las oportunidades necesarias para matricularse, asistir y completar su formación académica.
C_2	Atención de Salud	Examinar el acceso a servicios de salud, incluyendo atención médica general, salud mental y vacunaciones, así como la disponibilidad de programas específicos para este grupo.
C_3	Protección Legal	Analizar el conocimiento y la aplicación de las leyes y políticas que protegen a los menores migrantes, incluyendo la asignación de apoyo legal y la denuncia de abusos.
C_4	Condiciones de Vida	Evaluar las condiciones en que viven los menores migrantes, incluyendo el acceso a vivienda digna, servicios básicos (agua, electricidad, saneamiento) y seguridad en el entorno.
C_5	Integración Social	Medir el nivel de integración social de los menores migrantes en Tulcán, incluyendo su participación en actividades comunitarias, el trato que reciben por parte de la sociedad y su inclusión en redes de apoyo.
C_6	Prevención de la Explotación	Evaluar medidas para prevenir situaciones de explotación, abuso y violencia, incluyendo el seguimiento de denuncias y la protección contra el tráfico de personas y otras formas de explotación.

Actividad 3 Determinación de los pesos de los criterios

Para determinar los pesos sobre los criterios se utilizó un enfoque multiexpero, en el que participaron los 7 seleccionados en la actividad 1. Con el empleo de 2-tuplas tal como propone la tabla 1 se realizó el trabajo por el grupo de expertos. A partir de la agregación realizada mediante la ecuación 9 se unifican los pesos de los 7 expertos en un valor agregado. La tabla 4 muestra el resultado de los vectores de pesos resultantes de la actividad.

Tabla 4: Pesos de los criterios a partir del criterio de experto.

ID	Vectores de pesos W para los criterios C
C_1	[1,0,0]
C_2	[0.90, 0.1, 0.1]
C_3	[1,0,0]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]
C_5	[1,0,0]
C_6	[0.80, 0.1, 0.1]

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

Para el estudio de caso propuesto con el objetivo de evaluar la vulneración de derechos de los menores migrantes en la ciudad de Tulcán, se realizó una evaluación del cumplimiento de los criterios. Se tomó como información de partida los vectores de pesos atribuidos a cada criterio evaluativo. Se evaluó el cumplimiento de los indicadores con el empleo del conjunto de etiquetas lingüísticas. Se obtuvo como resultado un sistema con valores difusos que se agregan como valores de salidas. La tabla 5 muestra el resultado del procesamiento realizado.

Tabla 5: Resultado de las evaluaciones obtenidas por los expertos.

ID	W	Preferencia	$\sum_{j=1}^{n} w_j b_j$
C_1	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C_2	[0.90, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.90, 0.1, 0.1]
C_3	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_5	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C_6	[0.80, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.85, 0.1, 0.1]
Índice			[0.95, 0.1, 0.1]

La figura 4 muestra el comportamiento de las inferencias sobre los criterios evaluativos para el caso de estudio propuesto.

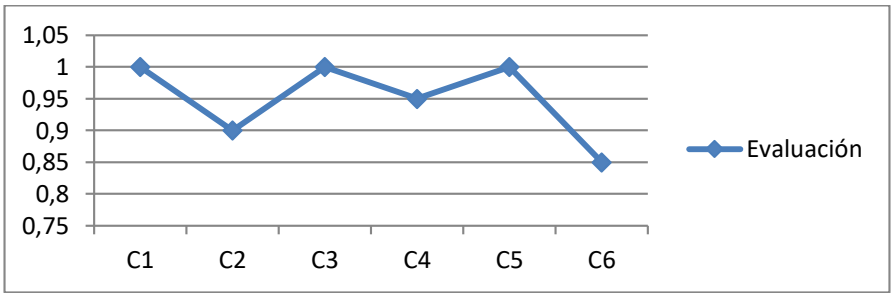


Figura 4. Comportamiento de las inferencias.

A partir del análisis presentado en la tabla 5, se determina un índice de impacto (II) de 0.95 para el método multicriterio neutrosófico,

4 Discusión

Las técnicas de investigación que se empleó fue la encuesta. Por su parte la encuesta fue aplicada a 63 personas mediante la herramienta de Google Forms que permite generar encuestas y se intensificaron en el tema a tratar y se desarrollaron 10 preguntas y con ayuda de los medios digitales se difundió.

Población y muestreo

Para realizar las entrevistas y las encuestas, resultó inviable desarrollar el cálculo de una población exacta y por ende estimar la muestra, debido a que en ningún sitio se tiene registro del número exacto de personas que ingresan ilegalmente al país en condición de inmigrantes, ya que la gran mayoría no realizan el proceso migratorio que corresponde para ingresar a territorio ecuatoriano.

Debido a este inconveniente suscitado en esta investigación, una de las soluciones que se empleó fue de buscar a 2 personas especializadas en este ámbito, para que puedan dar su punto de vista y su opinión de las personas migrantes los cuales fueron escogidos como sujetos de investigación. Y en base a esto se aplicó las dos técnicas para desarrollar este proyecto. Además, se escogió al azar a 63 personas que estén familiarizadas con el tema, para visualizar su opinión y redactarla con los gráficos de estadística.

Resultados de Encuestas

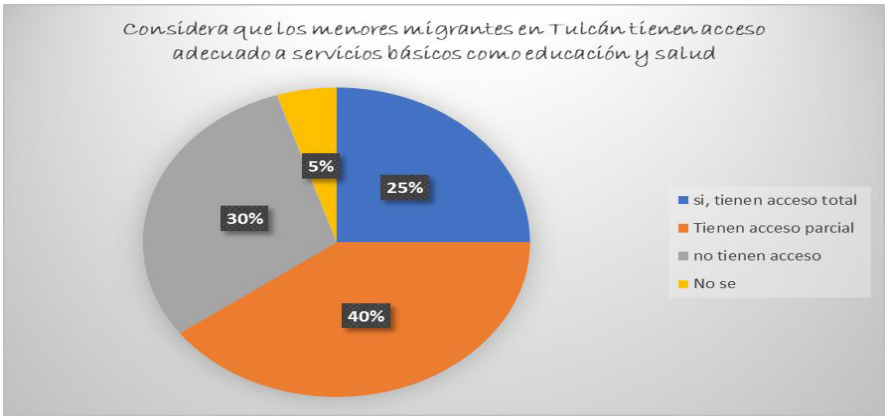


Figura 5. Representación de los resultados de la pregunta 1.
Fuente: Elaboración propia.

De las 63 personas que encuestas calculamos que el 25% si tienen acceso total a servicios básicos como educación y salud, el 40% mencionan que tiene acceso parcial, el 30% comentan que no tienen acceso Y el 5% no saben del tema.

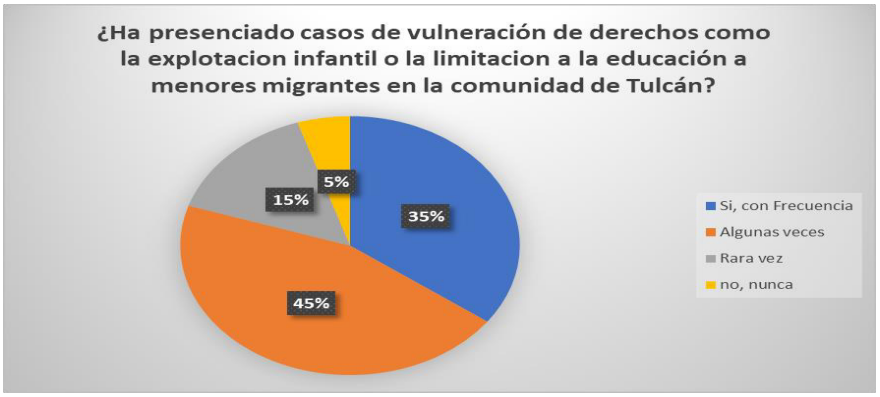


Figura 6. Representación de los resultados de la pregunta 2.
Fuente: Elaboración propia.

En el grafico estadístico de las 63 personas encuestadas calculamos el 35% si, con frecuencia han presentado casos de vulneración de derechos hacia los menores migrantes en la comunidad, algunos de ellos como la explotación infantil o el acceso limitado a la educación, el 45% menciona que algunas veces, el 15% muy rara vez, y el 5% no, nunca les ha pasado.

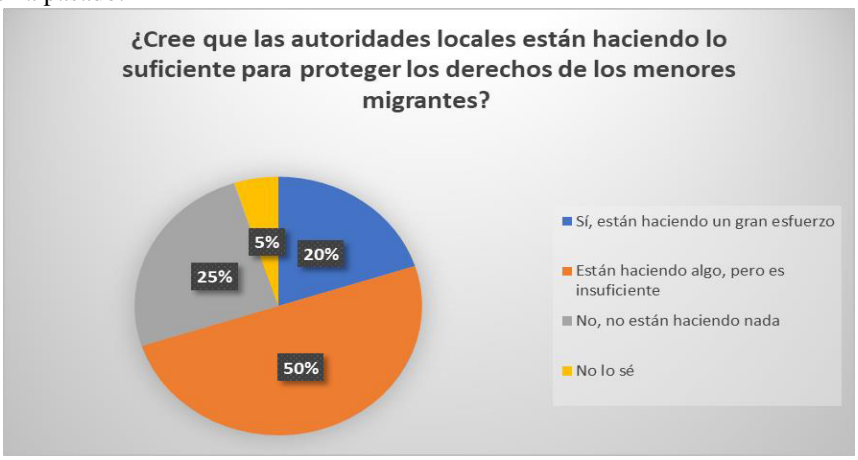


Figura 7. Representación de los resultados de la pregunta 3.
Fuente: Elaboración propia.

Según las 63 personas encuestadas el 20% mencionan que sí, están haciendo un gran esfuerzo las autoridades locales, el 50% comentan que está haciendo algo, pero es insuficiente, el 25% mencionan que no están haciendo nada.

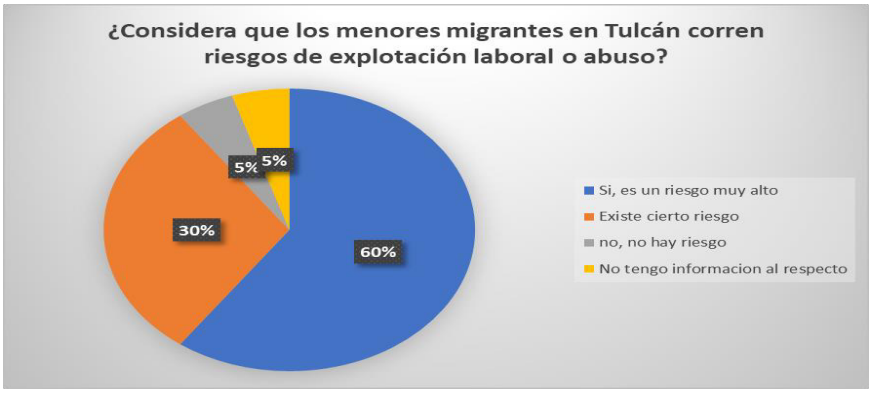


Figura 8. Representación de los resultados de la pregunta 4.
Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Representación de los resultados de la pregunta 5.
Fuente: Elaboración propia.

En el cuarto grafico estadístico nos mencionan que el 60% si, es un riesgo muy alto que corren los migrantes de Tulcán de explotación laboral o abuso, el 30% menciona que existe un cierto riesgo, el 5% que no, no hay riesgos, y que el otro 5% sobrante menciona que no tienen información de él.

Figura 10. Representación de los resultados de la pregunta 6.
Fuente: Elaboración propia.

De las 63 personas encuestadas el 25% de personas mencionan que si conocen varias organizaciones e iniciativas que brindan apoyo a los menores en Tulcán, el 40% mencionan que conocen algunas, el 30% dicen que no conocen ninguna y el 5% mencionan que no están seguras.

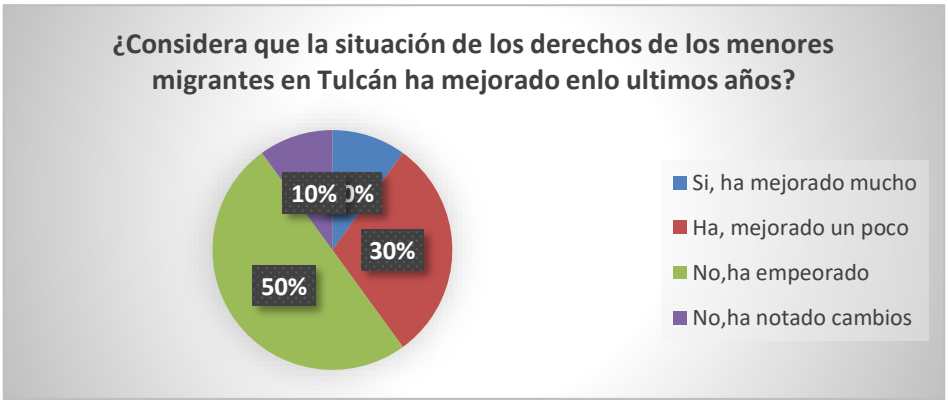


Figura 11. Representación de los resultados de la pregunta 7.
Fuente: Elaboración propia.

En este grafico estadístico nos dice que el 65% si, definitivamente la comunidad local debería involucrarse más para apoyar los derechos de los menores migrantes, que el 20% nos menciona que sería muy bueno, pero que no sería muy prioritario, el 10% nos dice que no es responsabilidad de la comunidad, y que el 5% te tienen opinión al respecto

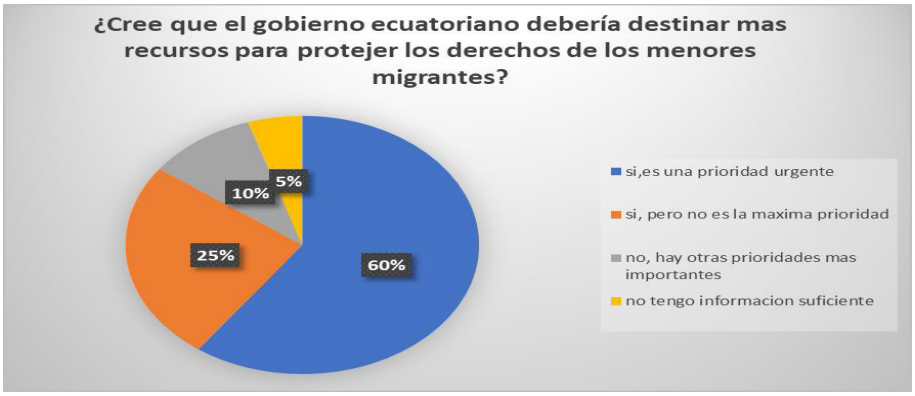


Figura 12. Representación de los resultados de la pregunta 8.
Fuente: Elaboración propia.

En este grafico estadístico nos menciona que el 60% si es una prioridad urgente que el gobierno ecuatoriano debería destinar más recursos para proteger los derechos de los menores migrantes, que el 25% que sí, pero no es la máxima prioridad. El 10% nos dice que no hay otras prioridades más importantes, y el 5% que no tendrían información de aquello.

Los resultados de las encuestas revelan una preocupante realidad respecto a los niños migrantes, ya que, enfrentan múltiples vulneraciones de sus derechos fundamentales, incluso en un territorio que se considera garantista de derechos, como lo es Ecuador. Esta situación hace pensar sobre lo que el Estado está haciendo realmente para subsanar estas situaciones y también que las prácticas actuales para proteger a este grupo vulnerable no están siendo tan efectivas. El derecho a la vivienda, considerado como fundamental para el desarrollo y bienestar de cualquier niño, se ve frecuentemente comprometido en el caso de los menores migrantes, ya que, las familias migrantes a menudo se ven forzadas a vivir en condiciones precarias, incluso en alojamientos temporales que no cumplen con los estándares mínimos para que puedan considerarse como dignos para la vida de un niño. Estas distintas situaciones no solo afectan la salud física de los niños, sino que también impacta negativamente en su desarrollo emocional y social. La falta de acceso a una educación de calidad limita las oportunidades futuras de estos niños y aumenta el índice de desigualdad entre compatriotas, es por eso que se considera como imperativo que los estados garantistas reexaminen sus políticas educativas para asegurar una inclusión real y efectiva de los niños migrantes en el sistema educativo. [28,29]

La vulneración del derecho a la salud de los niños migrantes es otro aspecto que llama la atención que se puede apreciar claramente en los resultados de las encuestas. Muchos de estos menores enfrentan obstáculos para acceder a servicios de salud adecuados, ya sea por falta de documentación, desconocimiento de sus derechos, o por temor

a las autoridades, estos no pueden hacer uso y goce del sistema de salud del país de acogida. Esta situación es grave considerando que muchos niños migrantes pueden haber experimentado condiciones de vida difíciles durante su proceso migratorio, requiriendo atención médica y psicológica especializada, además, la falta de acceso a servicios de salud no solo pone en riesgo el bienestar de estos niños, sino que también puede tener consecuencias a largo plazo en su desarrollo físico y mental, y es aquí donde la discriminación emerge como un problema que agrava todas las vulneraciones mencionadas. [30,31]

Los niños migrantes y sus familias a menudo enfrentan actitudes xenófobas y discriminatorias por parte de la ciudadanía que los acoge, lo que dificulta su integración dentro de la sociedad, y esta discriminación puede manifestarse de diversas formas, desde el acoso escolar hasta la negación de servicios, y tiene un impacto profundo en la autoestima de los niños. Los estados garantistas de derechos deberían implementar programas efectivos de concienciación y educación intercultural para combatir estos prejuicios y promover una sociedad más inclusiva.

Frente a esta realidad, es preciso pensar sobre la relación entre lo que los estados que se proclaman garantistas de derechos dicen y la realidad que enfrentan los niños migrantes. Los resultados de las encuestas sugieren que, a pesar de la existencia de leyes y políticas diseñadas para proteger los derechos de los niños, en la vida diaria estos mecanismos fallan en dar una protección efectiva a los menores migrantes. Esta incongruencia habla de la necesidad de una revisión profunda de las políticas migratorias y de protección de los derechos de los menores, con un enfoque que este destinado a la mejora y replanteamiento acerca de estas leyes que regulan la vida de los migrantes dentro de un territorio garantista.

5 Conclusión

A través de la aplicación del método multicriterio neutrosófico, se han identificado diversos factores que confluyen en la problemática del acceso a las pruebas.

La investigación realizada ha evidenciado la vulneración de derechos de los menores migrantes en Ecuador, especialmente en áreas como educación, vivienda, vestimenta y alimentación. La mayoría de estos menores son de nacionalidad venezolana. La crisis migratoria ha sido un factor socioeconómico determinante que ha conducido a la violación constante de los derechos de los niños en la ciudad de Tulcán, en la provincia de Carchi. Por lo tanto, es fundamental implementar políticas públicas que concienticen a la ciudadanía tulcaneña y generen espacios de diálogo en sectores estratégicos, con el apoyo de organismos internacionales que protegen a esta población vulnerable.

Referencias

[1] Y. M. de la Fuente Robles, and E. M. S. Morales, "Vulnerabilidad y exclusión social de los menores inmigrantes," *Migraciones & Exilios: Cuadernos de la Asociación para el estudio de los exilios y migraciones ibéricos contemporáneos*, no. 10, pp. 41-54, 2009.

[2] V. H. López, "Los menores migrantes no acompañados en España. La construcción jurídica del" diferente"," *Punto Cunorte*, no. 3, pp. 11-40, 2016.

[3] M. F. R. Coronel, and D. F. T. Vicuña, "Vulneración de derechos constitucionales de niños, niñas y adolescentes por falta de control del estado en procesos de migración," *Dominio de las Ciencias,* vol. 9, no. 2, pp. 2086-2105, 2023.

[4] S. H. d. M. Fernández. "Criterio de expertos. Su procesamiento a través del método Delphy," http://www.ub.edu/histodidactica/index.php?option=com_content&view=article&id=21:criterio-de-expertos-su-procesamiento-a-traves-del-metodo-delphy&catid=11:.

[5] Z.-S. Chen, K.-S. Chin, and K.-L. Tsui, "Constructing the geometric Bonferroni mean from the generalized Bonferroni mean with several extensions to linguistic 2-tuples for decision-making," *Applied Soft Computing,* vol. 78, pp. 595-613, 2019.

[6] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[7] J. Giráldez- Cru, M. Chica, O. Cordón, and F. Herrera, ″Modeling agent- based consumers decision- making with 2-tuple fuzzy linguistic perceptions,″ *International Journal of Intelligent Systems,* vol. 35, no. 2, pp. 283-299, 2020.

[8] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[9] J. P. Ramos-Carpio, O. J. A. Machado, J. E. Ricardo, and A. B. M. Vasquez, "Assessing Higher Education's Role in Personality Formation Using NeutroAlgebra," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 71, pp. 50-57, 2024.

[10] M. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and F. Smarandache, *Enhancing set-theoretic research methods with neutrosophic sets*: Infinite Study, 2024.

[11] M. Y. L. Vázquez, N. B. Hernández, J. E. Ricardo, and J. F. G. García, "Aplicación de análisis de sentimientos y enfoques neutrosóficos para la comprensión de información textual en la investigación," *Revista Conrado,* vol. 19, no. 94, pp. 294-300, 2023.

[12] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, *La Neutrosofía como herramienta para abordar la vaguedad lingüística en el análisis de textos de dilemas etico*: Infinite Study, 2024.

[13] S. Schmied, D. Großmann, S. G. Mathias, and S. Banerjee, "Vertical Integration via Dynamic Aggregation of Information in OPC UA." pp. 204-215.

[14] P. T. Schultz, R. A. Sartini, and M. W. Mckee, "Aggregation and use of information relating to a users context for personalized advertisements," Google Patents, 2019.

[15] N. Gospodinov, and E. Maasoumi, "Generalized Aggregation of Misspecified Models: With An Application to Asset Pricing," 2019.

[16] B. B. Fonseca, L. C. M. Benitez, and Á. M. H. Oliva, "La estructura de desglose del trabajo como mecanismo viable para la generación de proyectos exitosos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 5, pp. 63-75, 2019.

[17] A. Rodríguez, A. D. C. R. Gonzalez, J. C. P. Tarragó, and D. L. D. Gálvez, "Implementación de algoritmos de Inteligencia Artificial en la predicción de nuevos conocimientos mediante enseñanza constructivista," *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 3, pp. 131-141, 2021.

[18] V. d. R. P. Rodríguez, "Las TIC y la educación en los tiempos de pandemia," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 6, pp. 104-117, 2021.

[19] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[20] X. He, "Typhoon disaster assessment based on Dombi hesitant fuzzy information aggregation operators," *Natural Hazards,* vol. 90, no. 3, pp. 1153-1175, 2018.

[21] O. M. Cornelio, I. S. Ching, J. G. Gulín, and L. Rozhnova, "Competency assessment model for a virtual laboratory system at distance using fuzzy cognitive map," *Investigación Operacional,* vol. 38, no. 2, pp. 169-177, 2018.

[22] R. R. Yager, and D. P. Filev, "Induced ordered weighted averaging operators," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics),* vol. 29, no. 2, pp. 141-150, 1999.

[23] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[24] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[25] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[26] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[27] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[28] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[29] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[30] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[31] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 16, 2025. Aceptado: marzo 06, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Mapa Cognitivo Neutrosófico para evaluar el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios

Neutrosophic Cognitive Map to evaluate the limit of the expiration of child support payments for children who have not yet completed their studies

María José Enríquez Villarreal[1], Mayeli Cristina Guerrero Montenegro[2], Kerlhy Lisbeth Malte Puetate[3], and Rosa Evelyn Chugá Quemac[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. enriquezmj19@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. mayeligm15@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. kerlhymp76@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. ut.rosachuga@uniandes.edu.ec

Resumen. El Código de la Niñez y Adolescencia en Ecuador establece que los padres tienen la obligación de proporcionar alimentos a sus hijos hasta los 21 años, con la posibilidad de extender este plazo hasta los 24 años si los jóvenes continúan estudiando y no pueden mantenerse por sí mismos. En este contexto, el objetivo de este proyecto es analizar la figura de caducidad del derecho a las pensiones alimenticias, identificando las necesidades de los hijos, con el fin de evaluar la viabilidad de una posible reforma legal que permita extender la edad de los beneficiarios modificando la figura de caducidad. La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un método para evaluar el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios. Los resultados revelaron que la mayoría prefiere esta extensión, debido a que a los 24 años muchos jóvenes aún no han culminado sus estudios, detallando así la importancia de considerar las posibles reformas legales que aseguren el bienestar tanto de los beneficiarios como de los progenitores responsables del pago.

Palabras Claves: Mapa Cognitivo Neutrosófico, para evaluar el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios.

Abstract. The Code of Childhood and Adolescence in Ecuador establishes that parents have the obligation to provide food to their children until the age of 21, with the possibility of extending this period up to the age of 24 if the young people continue studying and cannot support themselves. In this context, the objective of this project is to analyze the figure of expiration of the right to alimony, identifying the needs of the children, in order to evaluate the viability of a possible legal reform that allows extending the age of the beneficiaries by modifying the figure of expiration. The present research aims to develop a method to evaluate the limit of the expiration of alimony in children who have not yet completed their studies. The results revealed that the majority prefer this extension, because at the age of 24 many young people have not yet completed their studies, thus detailing the importance of considering possible legal reforms that ensure the well-being of both the beneficiaries and the parents responsible for payment.

Keywords: Neutrosophic Cognitive Map, to assess the expiration date of child support payments for children who have not yet completed their studies.

1 Introducción

El acceso a un desarrollo pleno sin preocupaciones económicas es fundamental para el bienestar de los niños y jóvenes en cualquier sociedad. En Ecuador, no obstante, miles de familias enfrentan retos significativos para

asegurar que sus hijos obtengan lo necesario para prosperar, en un contexto donde las pensiones alimenticias ocupan un lugar central en el debate social y legal [1]. Estas pensiones son un compromiso tanto legal como moral para evitar que los niños queden rezagados por la falta de recursos. Sin embargo, la normativa vigente presenta múltiples desafíos y críticas, entre ellos los límites de edad que no reflejan adecuadamente las necesidades reales de los beneficiarios y las barreras económicas que obstaculizan el cumplimiento de estas obligaciones. Por lo tanto, es imperativo llevar a cabo una revisión exhaustiva del sistema de pensiones alimenticias en Ecuador.

En el contexto de América Latina, las pensiones alimenticias son un indicador de la desigualdad socioeconómica que persiste en la región, afectando principalmente a las poblaciones más vulnerables. Estos datos reflejan disparidades económicas, como la distribución desigual de ingresos y el acceso limitado a la educación y los servicios de salud. Los grupos más impactados por la ineficiencia o ausencia de pensiones son aquellos en situaciones de vulnerabilidad, especialmente las mujeres, los niños y las familias de bajos ingresos, quienes dependen de estos recursos para satisfacer sus necesidades básicas.

Un ejemplo relevante es el caso de Colombia, donde la regulación de las pensiones alimenticias se enmarca dentro de un contexto legal que busca salvaguardar el bienestar de los menores. Sin embargo, la efectividad de estas normativas está condicionada a la capacidad del sistema judicial para hacer cumplir las decisiones; problemas como la corrupción, la falta de recursos y los retrasos en los procesos judiciales afectan negativamente esta efectividad [2,42].

Según [3], en Ecuador, la protección de los derechos de los niños, niñas y adolescentes está garantizada en la Constitución y en legislación específica, apuntando a promover el bienestar integral de esta población. En este marco, la normativa que regula las pensiones alimenticias es crucial, ya que asegura que los progenitores cumplan con sus responsabilidades económicas y de cuidado, proporcionando los recursos necesarios para el desarrollo saludable de sus hijos. La legislación ecuatoriana extiende la obligación alimentaria hasta los 18 años, o hasta los 21 si los hijos están cursando estudios superiores, y en casos de discapacidad, hasta que logren la independencia económica. Es fundamental analizar las implicaciones jurídicas, psicosociales y económicas de esta legislación.

El Código de la Niñez y Adolescencia establece que los adultos hasta los 21 años tienen derecho a recibir pensiones alimenticias si están cursando estudios y carecen de recursos para mantenerse [4].

Este marco legal intenta garantizar el sustento económico y el bienestar de los jóvenes y de quienes padecen discapacidades, asegurando que puedan continuar su educación y cubrir sus necesidades básicas.

Sin embargo, [5] señala que el marco legal actual parece buscar un equilibrio entre la protección de los derechos de los beneficiarios y la capacidad económica de los padres. Sin embargo, critica que la normativa no toma en cuenta diversas realidades sociales y económicas, como el límite de 21 años para estudios superiores, que podría ser insuficiente para algunos estudiantes. Propone la necesidad de mayor flexibilidad en la extensión de las pensiones alimenticias en casos excepcionales, lo que podría mejorar el bienestar de los jóvenes.

De acuerdo con el Ministerio de Inclusión Económica y Social, la legislación ecuatoriana busca proteger a niños, niñas y adolescentes, así como a jóvenes en formación o con discapacidades. Se destaca la importancia de un análisis crítico continuo para asegurar que dichas normas se adapten a las cambiantes realidades sociales y económicas.

La normativa ecuatoriana sobre pensiones alimenticias es clara y está diseñada para garantizar el bienestar de los niños, niñas y adolescentes, asegurando que reciban el apoyo necesario para su desarrollo integral. Los padres tienen la responsabilidad de proveer para sus hijos hasta que estos puedan valerse por sí mismos, extendiendo esta obligación en situaciones específicas de estudio y necesidades especiales [6,43].

2 Materiales y métodos

Los problemas presentes sobre el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios, pueden ser modelado como un problema de toma de decisiones multicriterio a partir del:

Conjunto de personas que representan las alternativas a analizar en el proceso de evaluación en el que:

El número de pacientes $P= \{P_1, \dots P_n\},\ n \geq 1,$

Que poseen un de criterios de influencias que representan los múltiples criterios valorativos donde:

$C= \{C_1, \dots C_m\},\ m \geq 2.$

La investigación ha sido desarrollada utilizando un enfoque cualitativo a partir del uso del método científico [7,44]. Utiliza técnicas de inteligencia artificial para evaluar el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudiosa partir del método científico del criterio de expertos para obtener la base de conocimiento necesaria en el desarrollo de la investigación [8-10]. Para el desarrollo de la presente investigación se modeló las relaciones causales asociadas los indicadores para evaluar el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios3.

Modelos causales: existen diferentes tipos de causalidad que son expresadas en forma de grafos, donde cada modelo causal que se puede representar por un grafo son representaciones de la causalidad entre conceptos [11-13]. Los modelos causales permiten modelar la causa o efecto de un determinado evento [14], [15], [16] . La Figura 1 muestra un esquema con las diferentes relaciones causales.

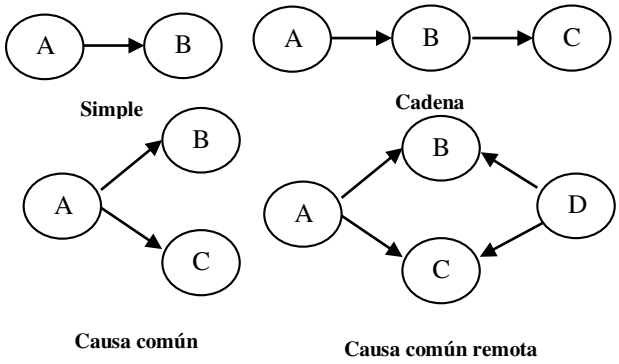


Figura 1: Ejemplo de grafos causales.

Los Mapa Cognitivo Neutrosófico (MCN): es una técnica que permite la representación de las relaciones causales de diferentes conceptos propuesta por Kosko [17] como una extensión de los modelos mentales empleando valores difusos en un intervalo de [-1,1] [18], [19]. Los MCN se representan mediante modelos difusos con retroalimentación para representar causalidad [20, 21,45].

En el MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos [22,46,47]:

• $W_{ij} > 0$, indica una causalidad positiva entre los conceptos C_j y C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva al incremento (o disminución) en el valor de C_i.

• $W_{ij} < 0$, indica una causalidad negativa entre los conceptos C_j y C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva a la disminución (o incremento) en el valor de C_i.

• $W_{ij} = 0$, indica la no existencia de relaciones entre los conceptos C_j y C_i.

2.2 Método para evaluar el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios

El sistema propuesto está estructurado para soportar el proceso de gestión para evaluar el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios. Basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio multiexperto donde se modela el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios a partir del conjunto de criterios. Utiliza en su inferencia modelos causales como forma de representar el conocimiento a partir de la técnica de inteligencia artificial Mapa Cognitivo Neutrosófico. El método está diseñado mediante una arquitectura en tres capas para modelar el negocio propuesto (entradas, procesamiento y salidas).

Las entradas del sistema: representan el conjunto de personas a analizar, los criterios de evaluación, relaciones asociadas, las relaciones causales que poseen los criterios y los expertos que intervienen en el sistema para establecer las relaciones causales.

El procesamiento del sistema: se realiza mediante el flujo de trabajo que conforman las cinco actividades del núcleo de inferencia para evaluar el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios.

Las salidas del sistema: representan los resultados del procesamiento donde se obtiene la evaluación del límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios.

El método para evaluar el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios, está conformado por cinco actividades (identificación de los criterios evaluativos, determinación de las relaciones causales, identificación de los pesos atribuidos a los criterios y generación del diagnóstico) que son descritas a continuación.

Actividad 1 identificación de los criterios evaluativos: La identificación de los criterios evaluativos representa la actividad en la que se determinan el conjunto general de criterios que representan la base de inferencia. Se utiliza un enfoque multicriterio para analizar la base de casos, por lo que se identifican la mayor cantidad de manifestaciones posibles.

Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales: La determinación de las relaciones causales utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Garantiza la representación del conocimiento causal [23, 24]. La actividad consiste en extraer el conocimiento que poseen los expertos sobre los criterios de evaluación [25, 26]. Las relaciones causales son expresadas mediante un dominio de valores que expresan relaciones de implicación directas o inversas para lo cual se utiliza la escala tal como muestra la Tabla1. Esta actividad es muy importante ya que el conocimiento que poseen los expertos sobre los criterios en la base de casos analizada.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente Alta (EB)	[1,0,0]
Muy muy Alta (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy Alta (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Alta (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente Alta (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente baja (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Baja (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy baja (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy baja (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente baja (EM)	[0,1,1]

Durante la determinación de las relaciones causales se realiza un proceso de agregación donde se obtiene un arreglo denominado matriz de adyacencia que representa los valores asignados a los arcos [27], [28], [29] de modo que:

$$M = \begin{bmatrix} .. & .. & .. \\ .. & W_{ij} & .. \\ .. & .. & .. \\ .. & .. & .. \end{bmatrix}$$

La matriz de adyacencia $M = M(C_i C_j)$ representa el valor causal de la función del arco, el nodo C_i que es imparte C_j. C_i incrementa causalmente a C_j si $M_{ij} = -1$, y no imparte caulsalmente sí $M_{ij} = 0$.

Actividad 3 identificación de los pesos atribuidos a los criterios evolutivos: a partir de la obtención en la actividad 2 de la matriz de adyacencia, los valores agregados emitidos por los expertos agrupados, conforman las relaciones con los pesos de los nodos, a través del cual es generado el Mapa Cognitivo Neutrosófico resultante [30], [31]. Mediante un análisis estático del resultado de los valores obtenidos en la matriz de adyacencia se puede calcular el grado de salida utilizándose la ecuación (1) donde se obtienen los pesos atribuidos a cada manifestación [32-34].

$$id_i = \sum_{i=1}^{n} \left\| I_{ji} \right\| \tag{1}$$

Actividad 4 identificaciones del estado del cumplimiento de los criterios la identificación del estado de cumplimiento de los criterios es la actividad que consiste en determinar el estado de las preferencias presentes en los casos de análisis [35-37]. La Tabla 2 muestra el dominio de valores con sus etiquetas lingüísticas utilizados para expresar las preferencias sobre el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios.

Tabla 2: Dominio de valores para expresar preferencias sobre el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios.

Valor	Impacto
[0,1,1]	Ausencia del criterio (AS)
[0.20,0.85,0.80]	Ligera presencia del criterio (LP)
[0.50,0.50,0.50]	Baja presencia del criterio (BP)
[0.70,0.25,0.30]	Presencia del criterio (PS)
[1,0,0]	Alta presencia del criterio (AP)

Actividad 5 generación del diagnóstico: el proceso del diagnóstico se basa en la simulación del escenario propuesto por Glykas [38], [39] los nuevos valores de los conceptos expresan la influencia de los conceptos interconectados al concepto específico y se calculan mediante la ecuación (2):

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1; j \neq i}^{n} A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \tag{2}$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji}: es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y f (x) es la función de activación [40].

3 Resultados y discusión

La presente sección se realiza una descripción de la implementación del método para evaluar el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios. A partir del análisis de casos es posible determinar el comportamiento de las diferentes alternativas en función de evaluar el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios A continuación se describen los resultados del estudio:

Actividad 1 identificación de los criterios evaluativos:

El proceso de selección de los criterios representa la identificación de los criterios que caracterizan el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios. Para determinar los criterios se utilizó el criterio de experto llegando a las siguientes conclusiones propuestas en la tabla 3.

Tabla 3: Identificación de los criterios evaluativos.

Nodo	Criterio	Definición
C_1	Necesidades económicas del beneficiario:	Evaluar la situación financiera del hijo beneficiario, considerando factores como el costo de la educación, los gastos de manutención y otras necesidades básicas. Esto ayudará a determinar si el límite actual de caducidad sigue siendo adecuado para cubrir las necesidades de los jóvenes en proceso de formación.
C_2	Duración y nivel de estudios:	Analizar el tipo de educación que está cursando el beneficiario (técnica, universitaria, posgrado, etc.) y la duración estimada de estos programas. Ampliar el límite de caducidad puede ser necesario si los estudios requieren más tiempo del que permite la normativa actual.
C_3	Situación laboral del beneficiario:	Considerar la capacidad del hijo para trabajar y generar ingresos mientras estudia. La falta de estabilidad laboral o la dificultad para obtener un empleo adecuado pueden justificar la necesidad de extender el apoyo económico más allá del límite de edad actual.
C_4	Impacto de la extensión en la obligatoriedad del progenitor:	Evaluar las implicaciones financieras y emocionales para los progenitores al extender el límite de caducidad. Esto incluye analizar si los padres están en condiciones de seguir apoyando económicamente a sus hijos y cómo esta extensión puede afectar su bienestar y estabilidad financiera.
C_5	Contexto socioeconómico	Investigar las condiciones socioeconómicas generales y particulares de la familia y la comunidad. Factores como la inflación, el desempleo y el acceso a recursos educativos impactan directamente en la capacidad de los jóvenes para completar sus estudios. Esto facilitará un enfoque más equitativo y realista al evaluar la adecuación del límite de caducidad.

Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales:

La determinación de las relaciones causales de los criterios para evaluar el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios, se utiliza en la escala propuesta en la Tabla 1, donde participaron 5 expertos, se obtuvieron los 5 Mapas Cognitivos Neutrosóficos agregando las respuestas en un único resultado. La Tabla 4 muestra la matriz de adyacencia obtenida como resultado del proceso.

Tabla 4: Matriz de adyacencia resultante.

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	[0, 0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]
C_2	[1,0,0]	[0, 0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]
C_3	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8,0,15,0.20]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_5	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.8,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]

Actividad 3 identificaciones de los pesos atribuidos a los criterios:

Para la identificación de los pesos se tiene en cuenta la base de conocimiento almacenada en la matriz de adyacencia de la Tabla 4, aplicando la función (1), Se obtiene el comportamiento del peso atribuido a los criterios. La Tabla 5 muestra los pesos resultantes.

Tabla 5: Peso atribuido a los criterios.

Criterios	Incidencias	Peso
C_1	Necesidades económicas del beneficiario:	[0.78,0,15,0.20]
C_2	Duración y nivel de estudios:	[0.76,0,15,0.20]
C_3	Situación laboral del beneficiario:	[0.72,0,15,0.20]
C_4	Impacto de la extensión en la obligatoriedad del progenitor:	[0.72,0,15,0.20]
C_5	Contexto socioeconómico	[0.80,0,15,0.20]

Actividad 4 identificaciones de las preferencias de los criterios:

A partir de la interacción con los casos de análisis se determina la preferencia que poseen sobre los criterios. La Tabla 6 muestra los valores resultantes.

Tabla 6: preferencia atribuida a los criterios evaluativos.

Pacientes	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]

Actividad 5 generaciones del diagnóstico:

A partir del proceso de simulación de escenario, se obtuvieron las predicciones de los comportamientos en el tiempo de los casos de análisis mediante el empleo de la ecuación (2). La predicción modela las relaciones de causalidad de los criterios y prevé la evolución en los casos de análisis. La Figura 2 muestra el resultado de la simulación realizada.

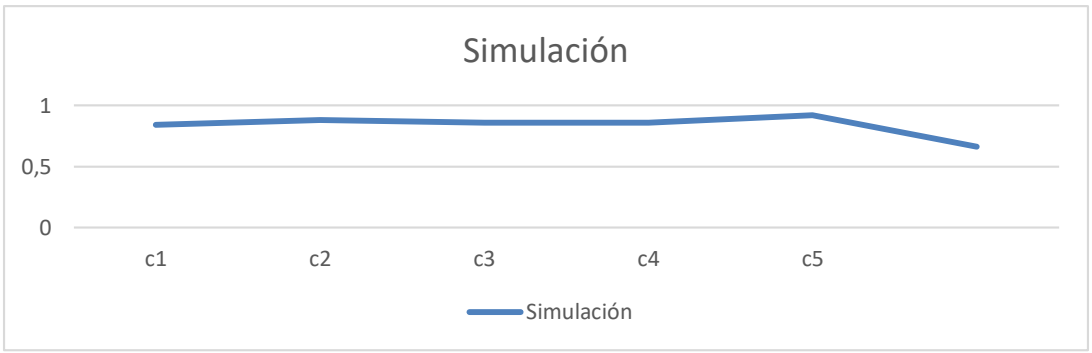


Figura 2: Resultado la evaluación del límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios.

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas y el desarrollo de las manifestaciones se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia de una enfermedad. La Tabla 7 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 7: Procesamiento y evaluación.

Pacientes A_1	Pesos	Preferencias	Agregación
C_1	[0.78,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.84, 0.5,0.25]
C_2	[0.76,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.88, 0.5,0.25]
C_3	[0.72,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.86, 0.5,0.25]
C_4	[0.72,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.86, 0.5,0.25]
C_5	[0.85,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.92, 0.1, 0.1]
Índice			[0.90, 0.1, 0.1]

A partir del índice determinado se realiza una comparación del valor obtenido donde se evidencia un desarrollo de un I= 0.90, para el caso analizado representa una muy alta evaluación del límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios.

4 Análisis de los resultados

Se usarán entrevistas y encuestas para obtener información detallada sobre la expansión del tiempo de las pensiones alimenticias. Las entrevistas, con 9 preguntas abiertas, permitirán evaluar diferentes puntos de vista en un diálogo abierto. Las encuestas, diseñadas para un grupo más amplio, incluirán preguntas cerradas para respuestas específicas y comparables. Al combinar los datos de ambas técnicas, se logrará una comprensión completa y matizada de las necesidades y opiniones sobre la extensión de las pensiones alimenticias.

Población y muestra

Muestreo Probabilístico: "Las técnicas de muestreo probabilísticas, permiten conocer la probabilidad que cada individuo a estudio tiene de ser incluido en la muestra a través de una selección al azar."[41,45,48]. Esto quiere decir que es un modo de conocer que tan probable puede ser un individuo para formar parte de una muestra, en un estudio en proceso de ejecución del mismo.

La muestra que da como resultado abarcara padres de familia que dan una pensión alimenticia e hijos o beneficiarios de 21 años que reciben o no una pensión alimenticia esto brinda mayor sustento para la investigación realizada y nos ayudara a esclarecer las diferentes posturas que encontramos tanto padre que pagan he hijos que reciben dicha pensión de alimentos.

De las 170 personas encuestadas calculadas por la muestra en su mayoría se puede observar que son personas entre los 18 años a los 24 años quienes reciben la pensión alimenticia, además, también la encuesta se realizó a padres de familia que pasan la pensión.

Pregunta No 1

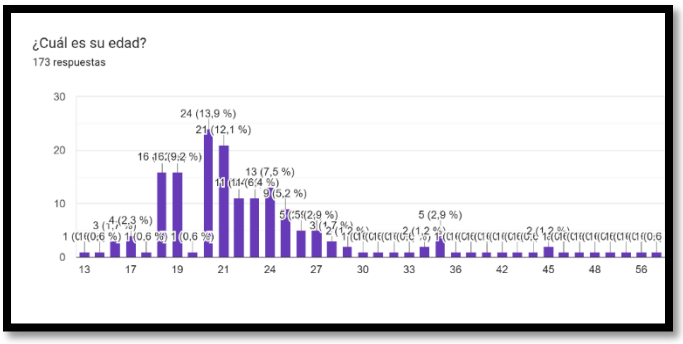


Figura 3. Repuesta a la pregunta 1.

Pregunta No 2

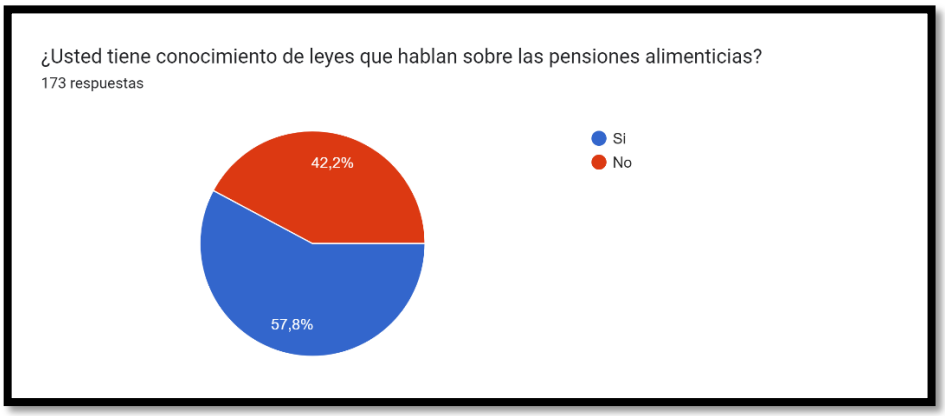


Figura 4. Repuesta a la pregunta 2.

De las 170 personas encuestadas calculadas por la muestra el 57.8% que correspondería a 98 personas que representan a la mayoría de encuestados y se determina que si tiene conocimiento acerca de las leyes que hablan de las pensiones alimenticias.

Pregunta No 3

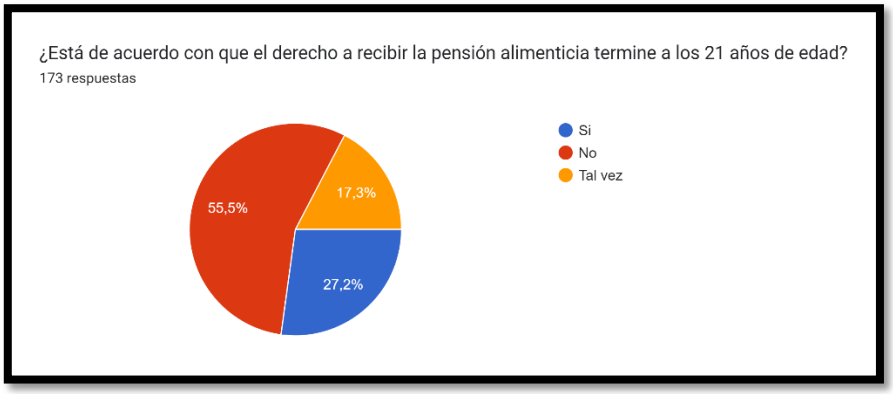


Figura 5. Repuesta a la pregunta 3.

De las 170 personas encuestadas calculadas por la muestra el 55.5% que correspondería a 94 personas que representan a la mayoría de encuestados, se determina que no están de acuerdo con que la pensión alimenticia termine a los 21 años de edad, por otro lado, el 27.2% que corresponde a 46 personas opinan que si se debería terminar con este derecho a los 21 años de edad.

Pregunta No 4

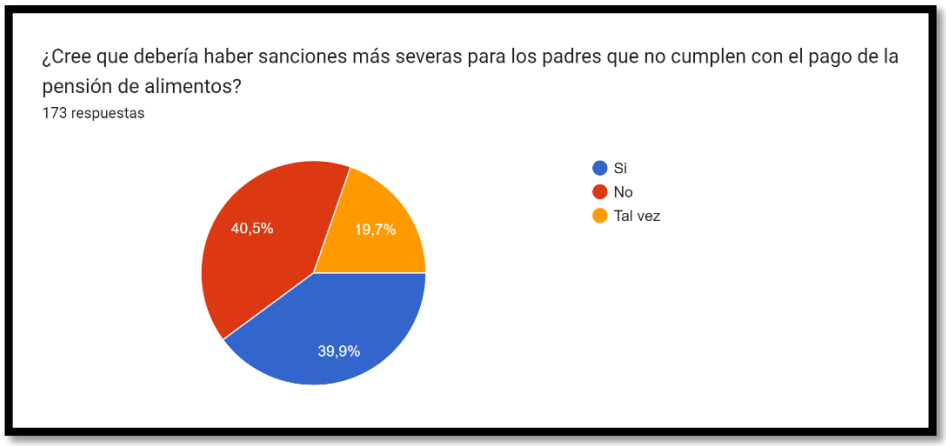


Figura 6. Repuesta a la pregunta 4.

De las 170 personas encuestadas calculadas por la muestra el 40.5% que correspondería a 68 personas que representan a la mayoría de encuestados, se determina que no se debería aplicar sanciones más severas a los padres que no cumplen con el pago de la pensión de alimentos, por otro lado, el 39.9% que corresponde a 65 personas opinan que si se debería aplicar sanciones severas.

Pregunta No 5

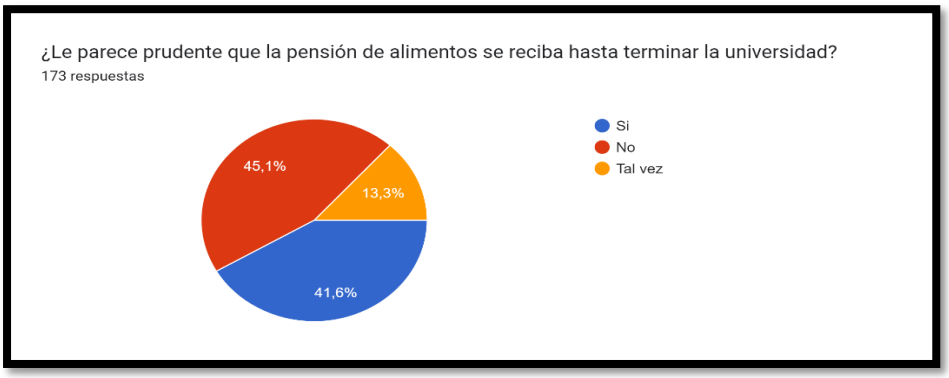


Figura 7. Repuesta a la pregunta 5.

De las 170 personas encuestadas calculadas por la muestra el 45.1% que correspondería a 76 personas que representan a la mayoría de encuestados, se determina que no les parece prudente que la pensión de alimentos se reciba hasta terminar la universidad, por otro lado, el 41.6% que corresponde a 70 personas opinan que si les parece que la pensión se reciba hasta terminar la universidad.

Pregunta No 6

Figura 8. Repuesta a la pregunta 6.

De las 170 personas encuestadas calculadas por la muestra el 57.2% que correspondería a 97 personas que representan a la mayoría de encuestados, se determina sería necesario pasar la pensión de alimentos hasta los 24 años, por otro lado, el 27.7% que corresponde a 47 personas, opinan que se debe pasar la pensión hasta los 21 años.

Pregunta No 7

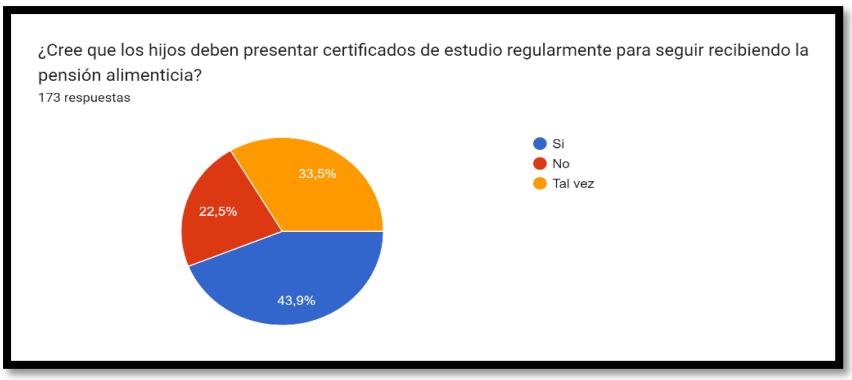


Figura 9. Repuesta a la pregunta 7.

De las 170 personas encuestadas calculadas por la muestra el 43.9% que correspondería a 74 personas que representan a la mayoría de encuestados, se concluye que es necesario que los hijos que reciben la pensión alimenticia presenten certificados de estudio, por otro lado, el 33.5% que corresponde a 56 personas, opinan que tal vez se debe presentar estos certificados.

Pregunta No 8

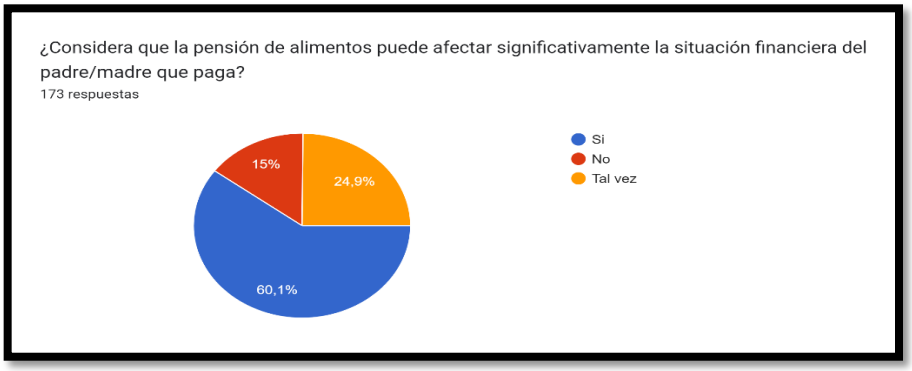


Figura 10. Repuesta a la pregunta 8.

De las 170 personas encuestadas calculadas por la muestra el 60.1% que correspondería a 102 personas que representan a la mayoría de encuestados, se determina que la pensión alimenticia su afecta la situación financiera del padre o madre que está pagando esta pensión, por otro lado, el 24.9% que corresponde a 42 personas, opinan la situación financiera del padre o madre que cancela esta pensión tal vez se puede ver afectada.

Pregunta No 9

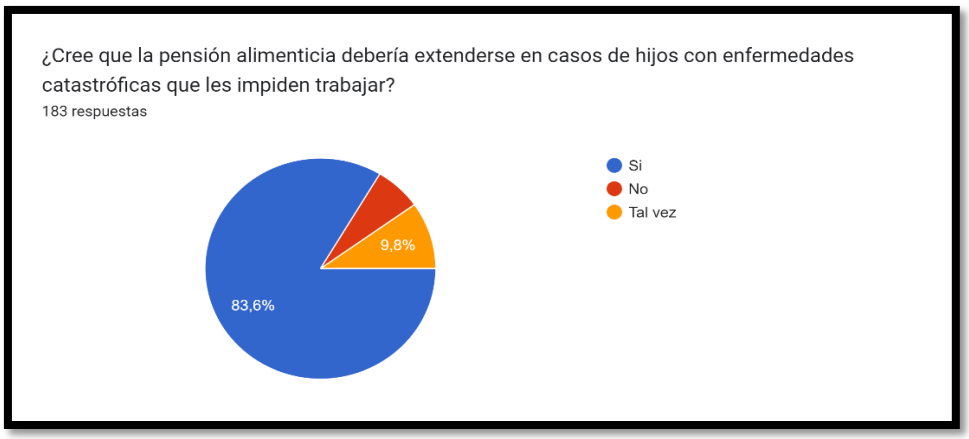


Figura 11. Repuesta a la pregunta 9.

De las 170 personas encuestadas calculadas por la muestra el 83.6% que correspondería a 142 personas que representan a la mayoría de encuestados, se determina que la pensión alimenticia se debe extender en casos de hijos que padezcan de enfermedades que les impida trabajar.

Pregunta No 10

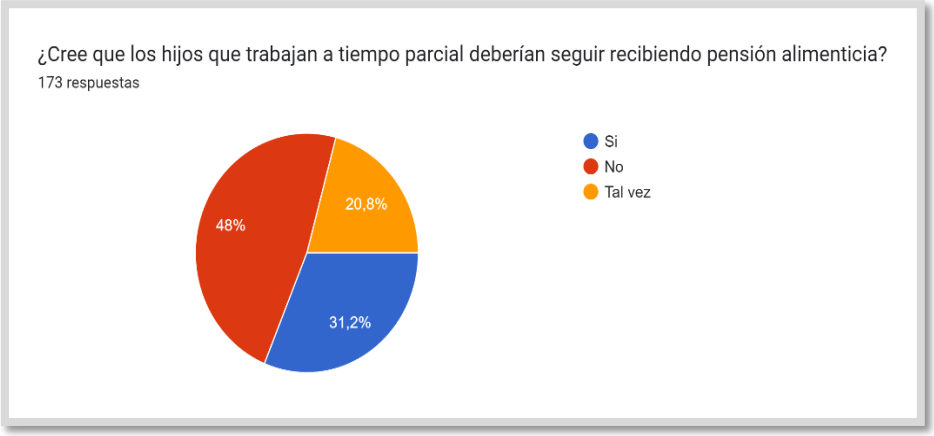


Figura 12. Repuesta a la pregunta 10.

De las 170 personas encuestadas calculadas por la muestra el 48% que correspondería a 81 personas que representan a la mayoría de encuestados, se determina que cuando ya los hijos tienen un trabajo a tiempo parcial ya no se debería seguir pasando la pensión alimenticia, por otro lado, el 31.2% que corresponde a 53 personas, opinan que existe duda entre pasar o no la pensión alimenticia.

5 Conclusión

A partir del desarrollo de la investigación propuesta, se obtuvo un método para evaluar el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios basado en un enfoque multicriterio multiexperto. La implementación del sistema propuesto, posibilitó la obtención del Mapa Cognitivos Neutrosófico agregado con la representación de las relaciones causales para evaluar el límite de la caducidad de las pensiones alimenticias en hijos que aún no culminan sus estudios.

La investigación se realizó utilizando un enfoque cuantitativo, empleando métodos deductivos y técnicos de encuesta y entrevista. La recopilación de datos involucró encuestas a 170 personas y entrevistas detalladas, lo que permitió obtener una visión integral sobre la percepción y efectividad de la normativa vigente. Los resultados

indicaron que una gran mayoría de los encuestados se opone al límite de edad de 21 años para la pensión alimenticia, y muchos apoyan la extensión de este límite hasta los 24 años o más, especialmente para aquellos que están en educación superior.

El objetivo de este proyecto fue analizar la caducidad del derecho a las pensiones alimenticias, identificando las necesidades de los hijos con el fin de evaluar la viabilidad de una posible reforma legal. Se concluyó que es necesario extender la edad de caducidad de las pensiones, ya que muchos jóvenes enfrentan dificultades financieras y académicas que les dificultan completar sus estudios a los 21 años. Esto subraya la importancia de considerar una reforma que mejore su bienestar y promueva un equilibrio financiero entre los progenitores y el beneficiario.

Referencias

[1] J. Martínez Franzoni, and C. González Hidalgo, "Pensiones alimentarias y protección social ante la pandemia en América Latina durante el 2020: oportunidades para superar la desconexión," *Apuntes,* vol. 48, no. 89, pp. 95-126, 2021.

[2] S. V. C. Cabrera, and J. M. Ordóñez, "Análisis del derecho de alimentos de hijos mayores de edad en la legislación de Ecuador y su garantía en el derecho comparado de Colombia y Perú," *Revista de Derecho: Universidad Nacional del Altiplano de Puno,* vol. 8, no. 1, pp. 2-12, 2023.

[3] J. S. V. Lara, G. B. L. Luna, E. J. O. Campos, and L. A. Z. Avalos, "La pensión alimenticia, como un pilar fundamental para garantizar el interés superior del niño en el marco jurídico ecuatoriano," *Tesla Revista Científica,* vol. 4, no. 1, pp. e377-e377, 2024.

[4] C. D. L. N. Y. ADOLESCENCIA, and S. DE DERECHOS, "Congreso Nacional," *Funcion Ejecutiva, Ecuador*, 2003.

[5] J. R. Rojo, "Derecho a la educación y desigualdad," *Revista Estudios Sociales,* vol. 41, no. 152, 2010.

[6] G. F. V. Arroyo, K. J. S. Manotoa, and D. A. G. Verdezoto, "Análisis estadístico neutrosófico para la evaluación de la pensión alimenticia para estudiantes que se encuentren cursando una carrera universitaria," *Neutrosophic Computing and Machine Learning. ISSN 2574-1101,* vol. 33, pp. 265-273, 2024.

[7] R. Sampieri, C. F. Collado., and P. B. lucio, "Metodología de la investigación," *México* vol. ISBN: 970-10-5753-8, 2006.

[8] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[9] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[10] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[11] M. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and F. Smarandache, *Enhancing set-theoretic research methods with neutrosophic sets*: Infinite Study, 2024.

[12] M. Y. L. Vázquez, N. B. Hernández, J. E. Ricardo, and J. F. G. García, "Aplicación de análisis de sentimientos y enfoques neutrosóficos para la comprensión de información textual en la investigación," *Revista Conrado,* vol. 19, no. 94, pp. 294-300, 2023.

[13] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, *La Neutrosofía como herramienta para abordar la vaguedad lingüística en el análisis de textos de dilemas etico*: Infinite Study, 2024.

[14] C. Goodier, S. Austin, and R. Soetanto, "Causal mapping and scenario building with multiple organizations," *Futures,* vol. 42, no. 3, pp. 219-229, 2010.

[15] C. Strauch, U.-L. S. Sites, and W. Kriha, "NoSQL databases," *Lecture Notes, Stuttgart Media University,* vol. 20, 2011.

[16] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[17] B. KOSKO, "Fuzzy cognitive maps," *International Journal of Man-Machine Studies,* vol. 24, no. 1, pp. 65-75, 1986.

[18] J. Salmeron, "Augmented fuzzy cognitive maps for modeling LMS critical success factors," *Knowledge-Based Systems,* vol. 22 no. 4, pp. 275-278, 2009.

[19] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[20] M. Glykas, and P. Groumpos, "Fuzzy Cognitive Maps: Basic Theories and Their Application to Complex Systems Fuzzy Cognitive Maps " *Springer Berlin / Heidelberg.*, pp. 1-22, 2010.

[21] Gonzalo Nápoles, Elpiniki Papageorgiou, Rafael Bello, and K. Vanhoof, "Learning and convergence of fuzzy cognitive maps used in pattern recognition," *Neural Processing Letters,* vol. 45, no. 2, pp. 431-444, 2017.

[22] Gonzalo Nápoles, Maikel Leon Espinosa, Isel Grau, Koen Vanhoof, and R. Bello, *Fuzzy Cognitive Maps Based Models for Pattern Classification: Advances and Challenges*, p.^pp. 83-98, Soft Computing Based Optimization and Decision Models, 2018.

[23] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[24] J. P. Ramos-Carpio, O. J. A. Machado, J. E. Ricardo, and A. B. M. Vasquez, "Assessing Higher Education's Role in Personality Formation Using NeutroAlgebra," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 71, pp. 50-57, 2024.

[25] J. E. Ricardo, A. J. Fernández, and M. Y. Vázquez, "Compensatory Fuzzy Logic with Single Valued Neutrosophic Numbers in the Analysis of University Strategic Management," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 18, no. 4, 2022.

[26] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[27] W. Stach, L. Kurgan, and W. Pedrycz, "Expert-Based and Computational Methods for Developing Fuzzy Cognitive Maps," *In M. Glykas (Ed.), Fuzzy Cognitive Maps* B. Springer, ed., pp. 23- 41, 2010.

[28] O. M. Cornelio, I. S. Ching, Y. Chen, and J. G. González, "MODELO PARA LA TOMA DE DECISIONES SOBRE ACCESO CONTROL A PRÁCTICAS DE LABORATORIO A DISTANCIA BASADO EN MAPAS COGNITIVOS DIFUNOS," *Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, 2024.

[29] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[30] E. White, and D. Mazlack, "Discerning suicide notes causality using fuzzy cognitive maps." pp. 2940-2947.

[31] M. Y. L. Vasquez, G. S. D. Veloz, S. H. Saleh, A. M. A. Roman, and R. M. A. Flores, "A model for a cardiac disease diagnosis based on computing with word and competitive fuzzy cognitive maps," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil,* vol. 19, no. 1, 2018.

[32] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[33] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[34] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[35] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[36] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[37] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[38] Author ed.^eds., "Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications," *Secaucus, NJ, USA*: Springer Verlag, 2010, p.^pp. Pages.

[39] M. Y. L. Vázquez, I. A. M. Alcivar, M. E. P. González, R. M. A. Flores, R. L. Fernández, and M. A. T. Bonifaz, "Obtención de modelos causales como ayuda a la comprensión de sistemas complejos," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil,* vol. 18, no. 2, 2018.

[40] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.

[41] T. Otzen, and C. Manterola, "Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio," *International journal of morphology,* vol. 35, no. 1, pp. 227-232, 2017.

[42] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[43] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[44] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[45] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[46] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[47] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[48] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 16, 2025. Aceptado: marzo 06, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método Neutrosófico multicriterio para evaluar el nivel de conocimiento en odontología de los estudiantes que atienden pacientes embarazadas en UNIANDES

Neutrosophic multicriteria method to evaluate the level of knowledge in dentistry of students attending pregnant patients at UNIANDES

Jonathan Rafael Ortiz Villacis [1], Gabriela Liseth Vaca Altamirano[2], Carmen Salinas Goodier[3], and Wilson Hernán Aldaz Calapiña [4]

[1] Centro de Salud Tipo A Sarayacu, Ambato. Ecuador. jonyyrtz@gmail.com
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.gabrielavaca@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.carmensalinas@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. wilsonhac72@uniandes.edu.ec

Resumen. En la práctica odontológica diaria, los profesionales enfrentan el desafío de atender a pacientes con diversos estados sistémicos, lo que hace fundamental contar con un conocimiento adecuado para garantizar un manejo integral y seguro. Esta investigación tiene como objetivo desarrollar un Método Neutrosófico multicriterio para evaluar el nivel de conocimiento en odontología de los estudiantes que atienden pacientes embarazadas en UNIANDES. A lo largo del periodo de octubre de 2022 a marzo de 2023, se analizó el conocimiento de los estudiantes de odontología de los últimos niveles sobre el manejo de mujeres embarazadas que asisten a consultas de rutina. Los hallazgos revelaron que el nivel de conocimiento de estos estudiantes fue mayoritariamente calificado como regular y bajo. Esto sugiere la necesidad urgente de mejorar la formación y la educación en este ámbito específico, ya que la atención adecuada a pacientes embarazadas es esencial no solo para la salud de la madre, sino también para el bienestar del feto. Desarrollar un método que permita evaluar con precisión el conocimiento de los futuros odontólogos será crucial para identificar áreas de mejora en su formación, así como para implementar estrategias educativas que fortalezcan sus competencias en el manejo de situaciones que involucran a este grupo de pacientes. La investigación busca, por lo tanto, contribuir a una mejor preparación de los estudiantes en el contexto de la atención odontológica durante el embarazo.

Palabras Claves: método neutrosófico multicriterios, embarazo, nivel de conocimiento, periodo gestacional, semestres.

Abstract. In daily dental practice, professionals face the challenge of caring for patients with various systemic conditions, making it essential to have adequate knowledge to ensure comprehensive and safe management. This research aims to develop a multi-criteria Neutrosophic Method to assess the level of knowledge in dentistry of students who care for pregnant patients at UNIANDES. Throughout the period from October 2022 to March 2023, the knowledge of dentistry students in the last levels on the management of pregnant women who attend routine consultations was analyzed. The findings revealed that the level of knowledge of these students was mostly rated as regular and low. This suggests the urgent need to improve training and education in this specific area, since adequate care for pregnant patients is essential not only for the health of the mother, but also for the well-being of the fetus. Developing a method to accurately assess the knowledge of future dentists will be crucial to identify areas for improvement in their training, as well as to implement educational strategies that strengthen their skills in managing situations involving this group of patients. The research therefore seeks to contribute to better preparing students in the context of dental care during pregnancy.

Keywords. multicriteria neutrosophic method, pregnancy, level of knowledge, gestational period, semesters

1 Introducción

Las mujeres gestantes por su condición requieren especial atención en temas de salud, con la finalidad de prevenir la presencia de enfermedades que afecten tanto a la madre como al niño, sin embargo, la salud oral de esta población se la aborda de manera fragmentada, no obstante, se observa una alta prevalencia de enfermedades bucales durante este período [1]. La presencia de caries, es un factor que se presenta de manera prevalente, esto es resultado de los repetidos ataques de ácidos sobre el esmalte dentario, este esmalte está compuesto de cristales de hidroxiapatita, que responden a los cambios bioquímicos del embarazo [2]

El embarazo produce varios cambios hormonales como es la elevación de progesterona y estrógenos, esto influye de manera significativa sobre el sistema inmune contribuyendo desde el punto de vista etiológico y patogénesis al desarrollo de la gingivitis durante el embarazo. Los cambios patológicos del tejido gingival, se relaciona con la presencia de la biopelícula, el cálculo dental y nivel deficiente de higiene bucal, lo que, genera una respuesta a los irritantes locales [3]

Además, la elevación de progesterona y estrógenos incide en el cambio de la microflora subgingival, lo que altera la presencia de microrganismos y el incremento de la razón de anaerobios y aerobios, estos se incrementan durante el segundo trimestre del embarazo. En base a lo expuesto, se concluye que uno de los problemas frecuentes, resultado de los diferentes cambios bucales durante el embarazo es la gingivitis gestacional, así como también, enfermedad periodontal, *épulis gravidarum* y movilidad dentaria [4,21].

Debido a lo mencionado, el odontólogo juega un papel importante tanto en los cuidados preventivos, así como, en los tratamientos de salud oral, en las pacientes embarazadas, con la finalidad de mantener una boca sana libre de gingivitis y caries, entre otros problemas que pueden presentarse, en el periodo gestacional. Es evidente, que la mayor parte de mujeres durante el periodo de embarazo, no buscan tratamientos dentales, a menos, que se produzcan afecciones orales; sin embargo, se debe tomar en cuenta que si estas no son tratadas a tiempo ocasionará complicaciones que afecten a la salud general de la gestante y al mismo tiempo, de su futuro hijo [5].

En base a estudios en genética bacteriana, se ha demostrado que la madre es la principal donante de trasmisión de caries, en ella se aprecia una asociación de genotipos entre madres e hijos en al menos un 70% de casos; las bacterias cariogénicas se trasmiten de madre a hijo, a través de hábitos en donde interviene de manera directa la saliva. Por esta razón, se ratifica la importancia del estado de salud oral de la madre.

De ahí, la necesidad de la revisión odontológica periódica, rompiendo creencias de algunas mujeres embarazadas en donde por falta de conocimiento, asumen que la ejecución de un procedimiento dental puede causar daño al bebé en formación. Sin embargo, existen procedimientos denominados de mínima invasión que pueden ser realizados en el período gestacional específicamente en el segundo trimestre de embarazo, pues, la organogénesis se encuentra completa para entonces [6,22].

Las mujeres en estado de gestación son consideradas pacientes en estado vulnerable y se presentan con gran frecuencia en la consulta dental, allí radica la gran importancia que tiene que el profesional de odontología, conozca a cabalidad todos los criterios y protocolos para tratar odontológicamente a la paciente sin atentar con la salud del feto en crecimiento. Este profesional, se forma en la teoría y práctica, en las aulas universitarias, por lo que es fundamental los conocimientos y conciencia que los estudiantes deben tener sobre el manejo odontológico en cada trimestre del embarazo, ya que una mala decisión durante el tratamiento dental puede tener efectos teratogénicos o aberrantes en el desarrollo del feto [7].

En este sentido es importante evaluar el nivel de conocimiento que tienen los estudiantes de odontología sobre la prevención, diagnóstico y tratamiento oportuno de posibles patologías bucales, que podría generarse durante el embarazo, podría contribuir a prevenir posibles enfermedades en el feto y generar ambientes bucales saludables, tanto para la gestante, como para el feto. En la presente investigación, se propone un Método Neutrosófico Multicriterio para evaluar el nivel de conocimiento en odontología de los estudiantes que atienden pacientes embarazadas en la Universidad Regional Autónoma de los Andes (UNIANDES), Ambato, Ecuador.

2 Materiales y métodos

La presente sección describe el funcionamiento del método neutrosófico multicriterio para para estimar el shock séptico de origen pulmonar por *streptococcus pneumoniae*. El método basa su funcionamiento a partir de la lógica neutrosófica para representar la incertidumbre mediante la utilización de operadores para la agregación de información. La figura 1 muestra un esquema general del método propuesto.

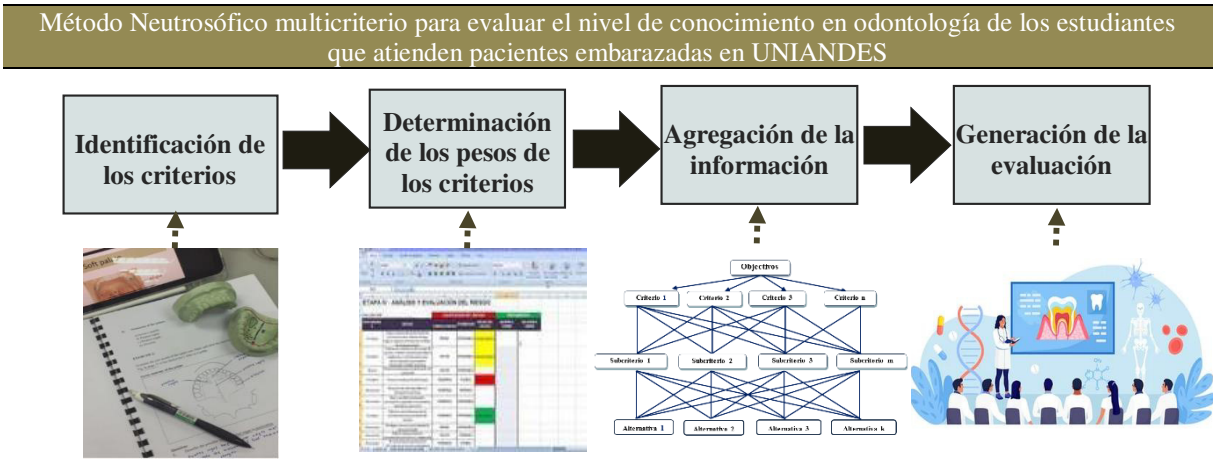


Figura 1: Esquema general del método propuesto.

El método propuesto está diseñado para evaluar el nivel de conocimiento en odontología de los estudiantes que atienden pacientes embarazadas en UNIANDES. Emplea un enfoque multicriterio multiexperto donde a partir de indicadores evaluativos se definen la base sobre la cual se realiza la inferencia. Posee una etapa de procesamiento que realiza el análisis matemático de la solución y por último se generan las evaluaciones, como parámetro de salida del método. El proceso está formado por cuatro actividades básicas, tal como se describe a continuación:

Actividad 1 definición de los criterios evaluativos:

La actividad de determinación de los criterios evaluativos, utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Consiste en obtener los criterios para evaluar el nivel de conocimiento en odontología de los estudiantes que atienden pacientes embarazadas. Se recomienda convocar y reunir entre 5 y 11 expertos como parte de un equipo multidisciplinario que participen en el proceso.

Actividad 2 determinación de los pesos asociados a los criterios:

A partir de los criterios obtenidos en la actividad anterior, se procede a realizar la valoración de estos para determinar los pesos asociados a cada vector. Se emplea la utilización de los expertos en el proceso como parte del desarrollo de la actividad propuesta.

Actividad 3 agregación de la información:

La agregación de información es la actividad más importante del método, representa un mecanismo utilizado en los sistemas de apoyo a la toma de decisiones, para la evaluación o decisión, consiste en la transformación de un conjunto de datos (conjunto difuso) en un único elemento [8, 9,23].

Definición 1: Operador T-norma: Un operador T: $[0,1] * [0,1] \rightarrow [0,1]$ es un operador T-norma si cumple las siguientes propiedades:

1. Conmutativa $\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{y}) = \mathrm{T}(\mathrm{y},\mathrm{x})$.
2. Asociativa $\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{T}(\mathrm{y},\mathrm{z}) = \mathrm{T}(\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{y}),Z)$.
3. Monótono creciente $\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{y}) > T(x,y)$ si $x \geq \mathrm{x}' \cap \mathrm{y} \geq \mathrm{y}'$.
4. Elemento neutro $\mathrm{T}(\mathrm{x},1) = \mathrm{x}$.

Los operadores de agregación de información Suma Ponderada Ordenada (OWA) permiten la agregación de información de acuerdo a parámetros predefinidos, obteniéndose un valor representativo. Un decisor puede agregar la información en función del grado de optimismo o pesimismo deseado [10, 11] .

Definición 2: Operador OWA: Una función $F: R^n \rightarrow \mathrm{R}$, es un operador OWA de dimensión *n* si tiene un vector asociado W de dimensión *n* tal que sus componentes satisfagan [12]:

1) $\mathrm{W_j} \in [0,1]$,
2) $\sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{W_j} = 1$, y
3) $\mathrm{F}(\mathrm{a_1},\mathrm{a_2},,,\mathrm{a_n}) = \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{W_j b_j}$

Donde $\mathrm{b_j}$ es el J-ésimo más grande de los $\mathrm{a_j}$.

Se puede expresar el operador agregación mediante una notación vectorial tal como se representa en la ecuación 1:

$$\mathrm{F}(\mathrm{a_1},\mathrm{a_2}..\mathrm{a_n}) = \mathrm{W^t B} \quad (1)$$

Donde:

W: es el vector OWA de peso asociado con la agregación.

B: es el vector agregado ordenado, donde el j-ésimo más grande componente de B es b_j siendo este el j-ésimo más grande de los a_i.

Los números neutrosóficos se pueden expresar en la lógica neutrosófica como se muestra en [13, 14]:

Definición 3: Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$,

Un valor neutrosófico es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , a partir de cada sentencia p se tiene [15-17]:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{2}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un operador OWA Neutrosófico como una 2-tupla (W,B) tal como representa la ecuación 3.

$$\mathrm{F}(\mathrm{a}_1, \mathrm{a}_2..\mathrm{a}_\mathrm{n}) = \mathrm{W}_{(\mathrm{T,I,F})}{}^{\mathrm{t}}\mathrm{B}_{(\mathrm{T,I,F})} \tag{3}$$

Donde:

W: es el vector OWA de peso asociado con la agregación que posee un espacio de verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

B: es el vector agregado ordenado, donde el j-ésimo más grande componente de B es b_j siendo este el j-ésimo más grande de los a_i, que posee un espacio de verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F) [18-20]

El método propuesto basa el proceso de agregación mediante el operador OWA para números neutrosóficos [13, 14].

Actividad 4 generación de las evaluaciones:

Una vez agregada la información, se obtiene como resultado las evaluaciones derivadas del proceso, representan las informaciones la salida del método que evalúa el nivel de conocimiento en odontología de los estudiantes que atienden pacientes embarazadas.

3 Resultados y discusión

La implementación del Método Neutrosófico multicriterio busca evaluar el nivel de conocimiento en odontología de los estudiantes de UNIANDES que atienden mujeres embarazadas. Para esta investigación, se seleccionó una muestra de 40 estudiantes, dividida equitativamente entre aquellos en séptimo, octavo, noveno y décimo semestre, con 10 participantes en cada grupo. Los criterios de inclusión para formar parte de este estudio contemplaron la experiencia previa en la atención de pacientes embarazadas, especificando que los estudiantes debían haber atendido al menos a tres mujeres embarazadas durante el periodo comprendido entre octubre de 2022 y marzo de 2023. Esta cuantificación busca asegurar que los participantes tengan una interpretación clara y práctica sobre las implicancias del manejo odontológico en este grupo poblacional. Cada estudiante fue incluido no solo por la cantidad de pacientes atendidos, sino también por la frecuencia de estas consultas, fomentando un análisis más preciso de su nivel de conocimiento. A continuación se describen los principales elementos del método implementado

Actividad 1: definición de los indicadores evaluativos.

Para determinar los criterios evaluativos del Método Neutrosófico multicriterio para evaluar el nivel de conocimiento en odontología de los estudiantes que atienden pacientes embarazadas en UNIANDES, se convocó a un equipo multidisciplinario de 11 expertos El panel de expertos que participó en la identificación de los criterios de evaluación está compuesto por profesionales con diversas especialidades relacionadas con la odontología y la salud materno-infantil. Este enfoque multidisciplinario incluye a un odontólogo especialista en odontopediatría, quien aporta su experiencia en el tratamiento de pacientes jóvenes y embarazadas, y es clave para comprender las particularidades de la atención dental en este grupo. Junto a él, participa un ginecólogo con formación en salud reproductiva, quien contribuye con su conocimiento sobre las implicaciones que tienen las condiciones de salud dental en el embarazo y el bienestar fetal. Además, se incluye a un farmacólogo que evalúa la seguridad de los medicamentos y anestésicos en este contexto. Se contactó a un educador en salud aporta una perspectiva pedagógica importante, asegurando que los criterios seleccionados también faciliten una adecuada transmisión de conocimientos, y otros 7 especialistas en odontología con más de 15 años de experiencia. Esta diversidad en el panel permite una evaluación exhaustiva y equilibrada del nivel de conocimiento necesario para brindar una atención adecuada a las pacientes embarazadas. La Tabla 1 muestra los criterios obtenidos.

Tabla 1: Criterios evaluativos.

Criterios	Descripción
C_1	Conocimiento sobre contraindicación de tratamientos: Evaluar la comprensión de los tratamientos odontológicos que son seguros o peligrosos durante el embarazo.
C_2	Manejo de complicaciones durante la atención: Analizar la capacidad de los estudiantes para reconocer y gestionar complicaciones específicas que puedan surgir al tratar a una paciente embarazada.
C_3	Conocimiento sobre farmacología y anestesia: Medir la familiaridad de los estudiantes con el uso de medicamentos y anestésicos permitidos en pacientes embarazadas, para asegurar prácticas seguras.
C_4	Prácticas de prevención y cuidados: Evaluar el nivel de conocimiento sobre protocolos de prevención de enfermedades bucodentales en mujeres embarazadas, así como su capacidad para educar a estas pacientes sobre cuidados odontológicos.
C_5	Técnicas de manejo periodontal: Analizar el conocimiento de los estudiantes sobre el tratamiento y mantenimiento de salud periodontal en mujeres embarazadas, incluyendo la identificación de condiciones como la gingivitis del embarazo y la aplicación de tratamientos adecuados.

Actividad 2 determinación de los pesos asociados a los criterios:

Con el empleo de un enfoque mutiexperto y tomando como referencia los resultados obtenidos hasta el momento, se determinan los pesos atribuidos a casa criterios. En el proceso participó el equipo multidisciplinario, los cuales emitieron sus valoraciones. Como resultado final se obtuvieron los vectores de pesos asociados a cada criterio. La tabla 2 muestra los resultados obtenidos después de la agregación de los resultados emitidos por los expertos.

Tabla 2: Vectores de pesos asociados a los criterios.

Criterio	W (T, I, F)
C_1	[0,5, 0.10,0.15]
C_2	[1, 0.10,0.15]
C_3	[0.9, 0.25,0.10]
C_4	[0.80, 0.25,0.20]
C_5	[0.9, 0.15,0.10]

Actividad 3 agregación de la información:

A partir del procesamiento que se realiza de entre los vectores de pesos asociados de los criterios y las preferecias obtenidas de la evaluación, se realiza el proceso de agregación de información a partir de lo expresado en la ecuación 3. Para el proceso de agregación se realiza un ordenamiento de los indicadores evaluativos. La tabla 3 presenta el resultado de los valores obtenidos durante el proceso de agregación.

Tabla 3: Resultado del proceso de agregación.

Criterio	Pesos	Preferencias	Agregación
C_1	[0,5, 0.10,0.15]	[0,5, 0.10,0.15]	[0,5, 0.10,0.15]
C_2	[1, 0.10,0.15]	[0.75, 0.10,0.10]	[0.83, 0.25,0.20]
C_3	[0.9, 0.25,0.10]	[0,5, 0.10,0.15]	[0.7, 0.10,0.10]
C_4	[0.80, 0.25,0.20]	[0.75, 0.10,0.10]	[0.77, 0.10,0.10]
C_5	[0.9, 0.15,0.10]	[0,5, 0.10,0.15]	[0.7, 0.10,0.10]
Índice			[0.5, 0.10,0.10]

Actividad 4 generación de las evaluaciones:

A partir del análisis referido de los datos de la tabla 3 se genera la evaluación donde se identifica que el índice general de conocimiento en odontología de los estudiantes que atienden pacientes embarazadas es de un 0.50, representando un deficiente índice para la muestra objeto de estudio. Al analizar la información de manera independiente, se identificó que los resultados más alentadores se encontraron en los estudiantes de décimo semestre, seguido por los de séptimo semestre y los de octavo y noveno semestre respectivamente.

4 Discusiones:

A partir del análisis de los datos obtenidos, se concluye que el índice general de conocimiento en odontología de los estudiantes objeto de estudio que atienden pacientes embarazadas es de 0.53. Este resultado indica un nivel

deficiente de preparación para abordar adecuadamente la atención de este grupo específico, subrayando la necesidad urgente de mejorar la formación de estos futuros profesionales. La atención odontológica a mujeres embarazadas exige un conocimiento sólido sobre las implicancias de los tratamientos, así como sobre las características particulares y las necesidades de salud de estas pacientes.

Al desglosar los resultados por semestre, se observa que los estudiantes de décimo semestre muestran un rendimiento más alentador en comparación con sus compañeros de séptimo semestre, siendo este último grupo seguido por aquellos de octavo y noveno semestres. Estos hallazgos sugieren que existe una progresión en el conocimiento a medida que los estudiantes avanzan en su formación académica, lo cual es un indicativo positivo. Sin embargo, la insuficiencia del índice general de 0.53 resalta la urgencia de implementar programas de capacitación más efectivos y específicos que integren el conocimiento teórico con la práctica clínica, abordando particularmente las características y necesidades únicas de las pacientes embarazadas. [24,25]

En este contexto, se destaca la utilidad del Método Neutrosófico Multicriterio como herramienta valiosa para evaluar el nivel de conocimiento en odontología de los estudiantes. Este esquema de evaluación no solo proporciona una medición cuantitativa, sino que también permite identificar áreas específicas que requieren atención adicional. La implementación de este método facilitará un enfoque más analítico y multidimensional, propiciando una formación más integral.

Con base en los resultados de la investigación, se recomiendan acciones como el fortalecimiento de las tutorías y el acompañamiento académico durante la etapa de prácticas clínicas. Esto incluye la incorporación de sesiones específicas sobre el manejo de pacientes embarazadas, así como la elaboración de manuales prácticos que sirvan como referencia para los estudiantes. Asimismo, es fundamental fomentar foros y talleres de discusión que involucren a expertos en el área de odontología y salud materno-infantil, lo que contribuiría a ampliar las capacidades de los futuros odontólogos. [26,27]

Los resultados generales sugieren que la formación de los estudiantes de odontología sobre el manejo de pacientes embarazadas necesita ser intensificada y adaptada a las realidades clínicas, para así asegurar que están debidamente preparados para afrontar estos desafíos profesionales. Implementar los cambios sugeridos contribuirá no solo a elevar el índice de conocimiento en la institución, sino también a mejorar la calidad de atención proporcionada a un grupo vulnerable y esencial en la población.

5 Conclusión

La investigación revela que el índice general de conocimiento en odontología de los estudiantes que atienden pacientes embarazadas es deficiente, con un valor de 0.53, lo que subraya la necesidad de mejorar su formación en esta área específica. Al analizar los resultados por semestre, los estudiantes de décimo semestre presentaron los mejores niveles de conocimiento, seguidos por los de séptimo, octavo y noveno semestres, lo que sugiere un progreso en la adquisición de conocimientos a medida que avanzan en su carrera. Sin embargo, esta variabilidad no es suficiente para asegurar una atención adecuada a las pacientes embarazadas, indicando que deben implementarse programas de capacitación más efectivos que integren tanto la teoría como la práctica clínica. La utilización del Método Neutrosófico multicriterio se presenta como una herramienta valiosa para evaluar el conocimiento, permitiendo identificar áreas específicas que requieren atención adicional. Se recomienda fortalecer las tutorías y el acompañamiento en las prácticas clínicas, así como fomentar talleres y foros de discusión con expertos en salud materno-infantil para enriquecer la formación de los futuros odontólogos. En conjunto, estas acciones no solo contribuirán a elevar el nivel de conocimiento en la institución, sino que también mejorarán la calidad de atención que se brinda a este grupo poblacional crítico.

Referencias

[1] W. Hu, Y. Wang, R. Chen, and T. Pan, “Oral health status and literacy/knowledge amongst pregnant women in Shanghai,” *international dental journal,* vol. 73, no. 2, pp. 212-218, 2023.

[2] S. AlRatroot, G. Alotaibi, F. AlBishi, S. Khan, and M. A. Nazir, “Dental anxiety amongst pregnant women: relationship with dental attendance and sociodemographic factors,” *international dental journal,* vol. 72, no. 2, pp. 179-185, 2022.

[3] J. L. Fellows, K. A. Atchison, J. Chaffin, E. M. Chávez, and N. Tinanoff, “Oral health in America: implications for dental practice,” *The Journal of the American Dental Association,* vol. 153, no. 7, pp. 601-609, 2022.

[4] T. Molania, N. Salehabadi, S. Zahedpasha, J. Y. Charati, B. Imani, S. Ghasemi, and M. Salehi, “Frequency of epulis gravidarum in pregnant,” *Journal of Nursing and Midwifery Sciences,* vol. 9, no. 4, pp. 303-309, 2022.

[5] E. A. Sinanoglu, U. Seki, and M. Noujeim, "Odontogenic Diseases During Pregnancy and Postpartum Period," *ENT Diseases: Diagnosis and Treatment during Pregnancy and Lactation*, pp. 261-274: Springer, 2022.

[6] A. Testa, K. T. Ganson, D. B. Jackson, P. Bojorquez-Ramirez, S. D. Weiser, and J. M. Nagata, "Food insecurity and oral health care experiences during pregnancy: Findings from the Pregnancy Risk Assessment Monitoring System," *The Journal of the American Dental Association,* vol. 153, no. 6, pp. 503-510, 2022.

[7] A. Testa, J. Diaz, K. T. Ganson, D. B. Jackson, and J. M. Nagata, "Maternal disability and prenatal oral health experiences: Findings from Pregnancy Risk Assessment Monitoring System," *The Journal of the American Dental Association,* vol. 154, no. 3, pp. 225-234. e7, 2023.

[8] R. Mesiar, L. Šipeky, P. Gupta, and J. LeSheng, "Aggregation of OWA operators," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems,* vol. 26, no. 1, pp. 284-291, 2017.

[9] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[10] O. M. Cornelio, B. B. Fonseca, and F. R. Marzo, "Metodología para la reutilización de la basura tecnológica en la asignatura de Arquitectura de Computadoras," *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria,* vol. 5, no. 2, pp. 183-198, 2021.

[11] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.

[12] R. R. Yager, "OWA aggregation with an uncertainty over the arguments," *Information Fusion,* vol. 52, pp. 206-212, 2019.

[13] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[14] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[15] F. Smarandache, S. Broumi, P. K. Singh, C.-f. Liu, V. V. Rao, H.-L. Yang, I. Patrascu, and A. Elhassouny, "Introduction to neutrosophy and neutrosophic environment," *Neutrosophic Set in Medical Image Analysis*, pp. 3-29: Elsevier, 2019.

[16] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, "Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference)," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

[17] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[18] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[19] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[20] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[21] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[22] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[23] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[24] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[25] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[26] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[27] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 16, 2025. Aceptado: marzo 06, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método multicriterio neutrosófico para evaluar complicaciones en la apendicectomía laparoscópica en pacientes jóvenes

Neutrosophic multicriteria method to evaluate complications in laparoscopic appendectomy in young patients

John Alex Torres Yánez [1], Jhon Jairo Naranjo Mejía [2], and Angie Pamela Supe Amaguaña [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.johnty73@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. jhonnm33@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. angiesa23@uniandes.edu.ec

Resumen. La apendicectomía laparoscópica es una cirugía mínimamente invasiva que se utiliza para extirpar el apéndice inflamado o infectado, proporcionando una alternativa con menor tasa de complicaciones, cortes más pequeños, y una estancia hospitalaria más breve, lo que facilita una recuperación más rápida para el paciente. A pesar de sus ventajas, este procedimiento no está exento de riesgos, incluyendo infecciones quirúrgicas, lesiones en órganos adyacentes y obstrucción intestinal, aunque estas complicaciones se presentan en porcentajes bajos. La identificación y tratamiento oportuno de estas complicaciones son cruciales, especialmente en pacientes jóvenes que pueden tener factores de riesgo como obesidad, cirugías abdominales previas, apendicitis perforada y peritonitis. En este contexto, se llevará a cabo una investigación para desarrollar un Método multicriterio neutrosófico que evalúe las complicaciones asociadas a la apendicectomía laparoscópica en esta población. Este enfoque permitirá una mejor comprensión y manejo de los riesgos, optimizando así la toma de decisiones clínicas y mejorando los resultados en la salud de los pacientes jóvenes sometidos a este procedimiento. Con este método, se espera proporcionar herramientas que ayuden a los cirujanos a evaluar de manera más completa las complicaciones potenciales, promoviendo una práctica más segura y efectiva en la apendicectomía laparoscópica.

Palabras Claves: método multicriterio neutrosófico, apendicectomía, laparoscópica, complicaciones, métodos, apendicitis aguda.

Abstract. Laparoscopic appendectomy is a minimally invasive surgery used to remove an inflamed or infected appendix, providing an alternative with a lower complication rate, smaller incisions, and a shorter hospital stay, which facilitates a faster recovery for the patient. Despite its advantages, this procedure is not free of risks, including surgical infections, injuries to adjacent organs, and intestinal obstruction, although these complications occur in low percentages. The timely identification and treatment of these complications are crucial, especially in young patients who may have risk factors such as obesity, previous abdominal surgeries, perforated appendicitis, and peritonitis. In this context, research will be carried out to develop a neutrosophic multicriteria method to assess the complications associated with laparoscopic appendectomy in this population. This approach will allow a better understanding and management of the risks, thus optimizing clinical decision-making and improving health outcomes for young patients undergoing this procedure. With this method, it is hoped to provide tools that help surgeons to more fully evaluate potential complications, promoting safer and more effective practice in laparoscopic appendectomy.

Keywords: neutrosophic multicriteria method, appendectomy, laparoscopic, complications, methods, acute appendicitis

1 Introducción

La apendicectomía laparoscópica actualmente es uno de los procesos menos invasivos y más seguros según la Sociedad Mundial de Cirugía de Emergencias (WSES) y uno de los más comunes a nivel mundial ya que se realiza

con frecuencia, generalmente se presenta en pacientes jóvenes y adultos, sin embargo ya sea en cualquier tipo de paciente este procedimiento presenta complicaciones preoperatorias como postoperatorias que pueden llegar a tener un impacto en la evolución del paciente y pueden llegar a existir nuevas intervenciones en caso de existir un daño [1, 2].

Una de las complicaciones más frecuentes que se presenta en la apendicectomía laparoscópica es la necesidad de realizar un drenaje abdominal ya que eso nos ayudará a evitar o prevenir la formación de abscesos intraabdominales postoperatorios, frecuentemente se presenta en apendicitis perforadas con peritonitis general, pero según las investigaciones realizadas este procedimiento mostró que se asocia con un mayor tiempo de recuperación [3].

La obesidad es otra de las complicaciones que se pueden presentar durante el procedimiento laparoscópico debido a que estas personas con un índice de masa corporal (IMC) altos tiene la pared abdominal más gruesa y puede ser más difícil ejecutar el método quirúrgico y presentar problemas durante la cicatrización como son las infecciones [4,28].

Una de las principales complicaciones que se presentan en la apendicectomía laparoscópica es el absceso intraabdominal postoperatorio. Por otro lado, con respecto a la infección, se ha determinado que este no resulta un factor mayor de incidencia ya que la tasa presentada de esta complicación es de 1,1%, por lo cual no presenta un riesgo alarmante de infección. Los procesos infecciosos postoperatorios se mostraron principalmente en pacientes con apéndice gangrenoso o perforado, y estos se vieron más propensos a tener un absceso intraabdominal, ya que uno de cada dos pacientes con absceso intraabdominal presentó apéndice gangrenoso [5].

Por otro lado, se ha identificado que la cirugía laparoscópica, presenta menor riesgo de infecciones en el sitio quirúrgico alrededor de un 40% y un 70% en comparación con la apendicectomía abierta, pero sin embargo el riesgo de un absceso abdominal postoperatorio al realizar este procedimiento es dos veces mayor, aunque el porcentaje varía entre un 1% y 2,1% por lo que no representa un riesgo estadísticamente significativo [6,29].

Una apendicectomía laparoscópica es uno de los métodos más confiables en el tratamiento de la apendicitis aguda debido a menor tiempo de hospitalización, una baja tasa de conversión, una tasa aceptable de complicaciones postoperatoria y una mejoría total en menor tiempo [2]. Sin embargo, existen complicaciones como la resección parcial del epiplón e irrigación, necesidad de realizar un drenaje abdominal e infecciones de la herida. Otro de los riesgos que se han observado en la apendicectomía laparoscópica ha sido el absceso abdominal, pero se ha determinado por otro lado que este no presenta un riesgo de infección muy alto.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un método multicriterio neutrosófico para evaluar complicaciones en la apendicectomía laparoscópica en pacientes jóvenes.

2 Materiales y métodos

La sección presenta la estructura del funcionamiento del método multicriterio neutrosófico para evaluar complicaciones en la apendicectomía laparoscópica en pacientes jóvenes. El funcionamiento está guiado por un flujo de trabajo de tres etapas [7, 8]. El método basa su funcionamiento a partir un entorno neutrosófico para modelar la incertidumbre. Se sustenta sobre un esquema de análisis de decisión lingüística que puede abordar criterios de diferente naturaleza y proporcionar resultados lingüísticos en un entorno neutrosófico [9,30]. La figura 1 muestra las etapas fundamentales del método propuesto.

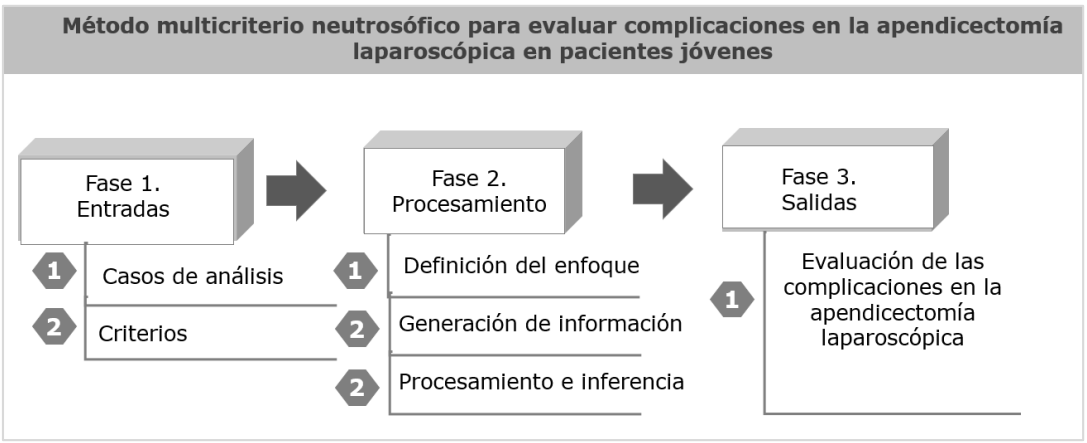


Figura 1: Representación del método propuesto.

El método está diseñado para apoyar la toma de decisiones sobre las complicaciones en la apendicectomía laparoscópica en pacientes jóvenes. La etapa de procesamiento consta de las siguientes actividades: (1) definición del enfoque; (2) generación de información; y (3) procesamiento e inferencia [10]. A continuación se describen las actividades de la etapa de procesamiento:

1. Definición del enfoque

En esta actividad, el marco de evaluación se define para corregir la estructura sobre la toma de decisiones y para determinar apoyar la toma de decisiones sobre las complicaciones en la apendicectomía laparoscópica en pacientes jóvenes. El marco se modela a partir de los siguientes elementos:

- Sea $E = \{e_1, , e_n\}, (n > 2)$ un conjunto de expertos.
- Sea $TI = \{ti_1, , ti_m\}, (m > 2)$ un conjunto de casos de análisis.
- Sea $C = \{c_1, , c_k\}, (k > 2)$ un conjunto de criterios que caracterizan las complicaciones en la apendicectomía laparoscópica.

Se utiliza un marco de información heterogéneo [11-13]. Para cada experto se puede usar un dominio diferente numérico o lingüístico para evaluar cada criterio, atendiendo a su naturaleza en un entorno [14, 15,31]. A partir de la modelación de los elementos que definen el enfoque se realiza la generación de las informaciones.

2. Generación de información

Mediante la definición del marco de trabajo se obtiene el conocimiento del conjunto de expertos [16]. Por cada experto se suministra sus preferencias mediante el uso de vectores de utilidad. El vector de utilidad se expresa mediante la ecuación 1:

$$P_j^i = \left\{p_{j1_1}^i, , p_{jh}^i\right\} \tag{1}$$

Donde:

P_j^i representa la preferencia otorgada al criterio c_k sobre los casos de análisis r_j expresado por el experto e_i .

En la actividad se obtiene toda la información necesaria para el procesamiento de la inferencia, a partir del conjunto de datos obtenidos mediante la consulta a los expertos, se realiza el procesamiento y la inferencia de las informaciones en función de obtener las recomendaciones sobre las complicaciones en la apendicectomía laparoscópica.

3. Procesamiento e inferencia

La actividad de procesamiento e inferencia es la encargada de, a partir del marco de trabajo establecido con el conjunto de datos obtenidos, realizar la evaluación lingüística colectiva que sea interpretable para la toma de decisiones sobre las complicaciones en la apendicectomía laparoscópica. Con este objetivo, la información es unificada y agregada [17, 18]. A partir del procesamiento, se realiza un proceso de ordenamiento de alternativas que son priorizados para tratar con información heterogénea y dar resultados lingüísticos.

A 2TLNNS se define como [19]:

A partir de $S = \{s_0, , s_g\}$ que representa una 2TLSs con cardinalidad impar t + 1.

Se define para $(S_t, a), (S_i, b), (S_f, c) \in L$ y a,b,c ∈ [0, t], donde $(S_t, a), (S_i, b), (S_f, c) \in L$ expresan independientemente del grado de verdad, grado de indeterminación y el grado de falsedad por 2TLSs.

Por lo tanto: 2TLNNSs se define:

$$l_j = \{(S_t, a), (S_i, b), (S_f, c)\} \tag{2}$$

Donde:

$$0 \le \Delta^{-1}(St_j, a) \le t, 0 \le \Delta^{-1}(Si_j, b) \le t, 0 \le \Delta^{-1}(Sf_j, c) \le t$$

$$0 \le \Delta^{-1}(St_j, a) + \ 0 \le \Delta^{-1}(Si_j, b) + 0 \le \Delta^{-1}(Sf_j, c) \le 3t$$

Mediante la función de puntuación y precisión se clasifica 2TLNN [20].

Sea

$l_1 = \{(St_1, a), (Si_1, b), (Sf_1, c)\}$ a

2TLNN en L la función de puntuación y precisión en l_1 se define como:

$$S(l1) = \Delta\left\{\frac{2t + \Delta^{-1}(St_1, a) - \Delta^{-1}(Si_1, a) - \Delta^{-1}(Sf_1, a)}{3}\right\}, \Delta^{-1}(s(l_1)) \in [0, t] \tag{3}$$

$$H(l1) = \Delta\left\{\frac{t + \Delta^{-1}(St_1, a) - \Delta^{-1}(Sf_1, a)}{2}\right\}, \Delta^{-1}(h(l_1)) \in [0, t] \tag{4}$$

3. Procesamiento e inferencia:

La información se unifica en un dominio lingüístico específico (S_T). La información numérica se transforma al dominio lingüístico (S_T) siguiendo estos pasos:

a) Seleccionar un dominio lingüístico específico, denominado conjunto de términos lingüísticos básicos (S_T) .

b) Transformación de valores numéricos en [0, 1] al $F(S_T)$.

c) Transformación de conjuntos difusos S_T sobre el en 2-tupla lingüística.

La agregación permite la unificación de las informaciones para lo cual se desarrolla mediante dos pasos con el objetivo de calcular una evaluación global de los casos de análisis [15, 21]. El operador de agregación unifica las diferentes ponderaciones expresadas por cada experto [22],[16], [23] teniendo en cuenta su conocimiento y su importancia en el proceso para apoyar la toma de decisiones sobre las complicaciones en la apendicectomía laparoscópica.

El paso final en el proceso de priorización es establecer una clasificación entre los casos de análisis, esta clasificación permite priorizar los casos analizados con más valor. El caso de análisis más significativo es aquel que tiene la evaluación colectiva máxima $Max\{(r_l, a_j), = 1,2,,n\}$. Los requisitos se priorizan según este valor en orden decreciente.

3 Implementación del método para evaluar las complicaciones en la apendicectomía laparoscópica

La presente sección, describe el funcionamiento del método multicriterio neutrosófico para evaluar las complicaciones en la apendicectomía laparoscópica. Se realizó un estudio de caso aplicado a pacientes jóvenes. El objetivo consistió en evaluar las complicaciones que puedan surgir derivadas de este procedimiento, y apoyar con los resultados, la toma de decisiones clínicas. El ejemplo ilustra la aplicabilidad del método.

Desarrollo de la actividad 1: Marco de evaluación

Para el presente estudio de caso, se identificó un marco de trabajo compuesto por: $\mathrm{E} = \{\mathrm{e}_1, \dots, \mathrm{e}_3\}$, que representan los 3 expertos que intervinieron en el proceso.

Experto 1: El primer experto es un cirujano general con más de diez años de experiencia en apendicectomías laparoscópicas, quien ha llevado a cabo numerosas intervenciones en pacientes jóvenes y cuenta con una sólida formación académica en técnicas mínimamente invasivas. Su enfoque en la seguridad del paciente y la reducción de complicaciones es fundamental para el análisis de los riesgos asociados a este procedimiento.

Experto 2: El segundo miembro del panel es un especialista en medicina interna, que aporta un enfoque integral al cuidado del paciente después de la cirugía. Con una vasta experiencia en la identificación y manejo de complicaciones postoperatorias, su conocimiento sobre factores de riesgo preexistentes y su capacidad de evaluación clínica son esenciales para comprender las implicaciones del procedimiento en grupos vulnerables, como los jóvenes.

Experto 3: La tercera experta es una investigadora en salud pública con experiencia en análisis de datos y evaluación de resultados en cirugía. Su trabajo se centra en el estudio de la prevalencia de complicaciones quirúrgicas y la implementación de mejoras basadas en evidencia. Su participación asegura que los resultados del método multicriterio neutrosófico se complementen con una perspectiva de salud poblacional y prevención.

El panel de expertos realizó la evaluación $\mathrm{Ps} = \{\mathrm{Ps}_1,, \mathrm{Ps}_6\}$, de 6 Casos de análisis, a partir de la valoración de los $\mathrm{C} = \{\mathrm{c}_1, \dots, \mathrm{c}_7\}$ los cuales conforman los 7 criterios valorativos. La tabla 1 muestra los criterios utilizados.

Tabla 1: Criterios utilizados para evaluar las complicaciones en la apendicectomía laparoscópica en pacientes jóvenes.

No	Criterio	Descripción
1	Obstrucción intestinal	Evaluar el riesgo y la ocurrencia de obstrucción intestinal postoperatoria es esencial, ya que este tipo de complicación puede requerir una intervención adicional y prolongar la recuperación.
2	Tiempo quirúrgico	Este criterio mide la duración de la cirugía, ya que procedimientos más largos pueden estar asociados con un mayor riesgo de complicaciones y una recuperación más lenta.
3	Pérdida de sangre	La cantidad de sangrado durante la intervención se evalúa para identificar posibles complicaciones hemorrágicas que pueden complicar el postoperatorio.
4	Infecciones postoperatorias	Incidencia y gravedad de infecciones que pueden surgir después de la cirugía, como abscesos o infecciones de la herida, lo cual es crucial para determinar la necesidad de tratamientos adicionales.
5	Lesiones a órganos adyacentes	Se refiere a la identificación y frecuencia de lesiones accidentales a estructuras cercanas al apéndice, como el intestino o la vejiga, que pueden resultar en complicaciones severas.
6	Tiempo de Estancia Hospitalaria	Duración de la hospitalización, que puede estar relacionada con complicaciones emergentes y es un indicador de la gravedad de estas.
7	Recuperación general del paciente	Se centra en el tiempo que tarda el paciente en volver a su estado funcional normal, lo que refleja la calidad de la intervención y la ausencia de complicaciones a largo plazo.

Cada experto puede emitir la información de forma numérica o lingüística atendiendo a la naturaleza de los criterios. Se elige un dominio lingüístico común para verbalizar los resultados que se expresan en la Figura 2.

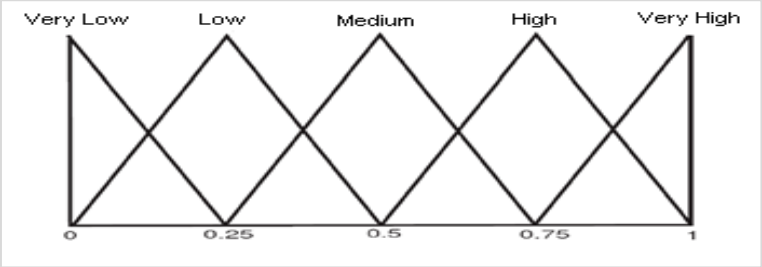


Figura 2. Dominio de Selección S_T.

Para los valores numéricos, se utilizó la escala lingüística siguiente con Números Neutrosóficos de Valor Único propuestas en la Tabla 2 [18].

Tabla 2: Términos lingüísticos empleados.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

Desarrollo de la actividad 2: Generación de información

A partir de la información obtenida sobre los casos de análisis, son almacenadas para su posterior procesamiento. El marco de evaluación es presentado en la Tabla 3. Los criterios de evaluación se realizan en la escala S_T.

Tabla 3: Presentación de los resultados.

	e_1			e_2			e_3		
c_1	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.1, 0.4]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]
c_2	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.5, 0.2, 0.4]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]
c_3	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.6, 0.3, 0.2]
c_4	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.2, 0.1]
c_5	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.6, 0.3, 0.2]
c_6	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.2]
c_7	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.5, 0.1, 0.4]	[0.9, 0.2, 0.1]

La información se transforma para unificar la información heterogénea. Los juegos difusos posteriores sobre S_T se transforman en 2-tuplas lingüísticas. A partir del proceso de agregación se calculó una evaluación de los casos de análisis. Para el proceso de agregación se utilizó el promedio de ponderación de los números neutrosóficos lingüísticos de 2 tuplas. 2-TLNNWA a partir de los datos referidos por para cada experto [19]. En este caso los vectores de ponderación W=(0.9, 0.7, 0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9).

Tabla 4: Procesamiento del resultado de los datos.

Casos de análisis	Preferencias
Ps_1	[0.9, 0.8, 0.8, 0.8, 0.8, 0.7, 0.9]
Ps_2	[0.8, 0.7, 0.9, 0.9, 0.8, 0.7, 0.9]
Ps_3	[0.8, 0.8, 0.8, 0.9, 0.9, 0.7, 0.9]
Ps_4	[0.8, 0.7, 0.8, 0.9, 0.9, 0.9, 0.8]
Ps_5	[0.9, 0.8, 0.8, 0.9, 0.8, 0.7, 0.9]
Ps_6	[0.9, 0.7, 0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9]

Los seis casos analizados en esta investigación están compuestos por pacientes jóvenes que se sometieron a apendicectomía laparoscópica debido a diagnósticos de apendicitis aguda. Cada caso presenta un perfil clínico único, incluyendo variaciones en la edad, antecedentes médicos y condiciones preexistentes que podrían influir en el desarrollo de complicaciones postoperatorias. A lo largo de la evaluación, se han documentado detalles relevantes como la duración de la cirugía, el estado del paciente antes y después del procedimiento, y la aparición de complicaciones, incluyendo infecciones, lesiones a órganos adyacentes, y obstrucciones intestinales. Además, se han considerado factores de riesgo específicos para cada paciente, como cirugías abdominales previas o condiciones como obesidad, que pueden haber impactado el desenlace de la intervención. El análisis de estos casos busca no solo identificar y caracterizar las complicaciones surgidas, sino también proporcionar información valiosa que respalde la toma de decisiones clínicas más informadas y seguras en futuras intervenciones en esta población.

Para calcular la evaluación colectiva, el operador 2-TLNNWA se utiliza el vector de ponderación V= [0.8, 0.6, 0.8, 0.9, 0.9, 0.9, 0.8] de la tabla 5.

Tabla 5: Evaluación colectiva para los principales casos de análisis.

[0.9, 0.7, 0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9]	Ps_6
[0.9, 0.8, 0.8, 0.8, 0.8, 0.7, 0.9]	Ps_1
[0.8, 0.8, 0.8, 0.9, 0.9, 0.7, 0.9]	Ps_3
[0.9, 0.8, 0.8, 0.9, 0.8, 0.7, 0.9]	Ps_5
[0.8, 0.7, 0.9, 0.9, 0.8, 0.7, 0.9]	Ps_2
[0.8, 0.7, 0.8, 0.9, 0.9, 0.9, 0.8]	Ps_4

Finalmente, se ordenan todas las evaluaciones colectivas y se establece una clasificación entre los casos de análisis con el propósito de identificar las mejores alternativas de puntuación calculadas.

Tabla 6: Resultados de la función de puntuación de los principales casos de análisis.

[0.9, 0.7, 0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9]	Ps_6
[0.9, 0.8, 0.8, 0.8, 0.8, 0.7, 0.9]	Ps_1
[0.8, 0.8, 0.8, 0.9, 0.9, 0.7, 0.9]	Ps_3

En el estudio de caso, la clasificación de los casos de análisis quedó recomendada como sigue: $Ps_6 < Ps_1 < Ps_3$, siendo este el orden de prioridad atendiendo a la evaluación de las complicaciones en la apendicectomía laparoscópica.

4 Discusión

La apendicectomía laparoscópica ha mostrado una reducción significativa en el riesgo de infecciones, pero se ha visto un aumento en cuanto al riesgo de absceso abdominal, aunque al ser el porcentaje de riesgo muy bajo, no es un factor significativo [24,32].

La mayor parte de infecciones se ha detectado en pacientes con apéndice gangrenoso o perforado, y a su vez los abscesos abdominales se presentaron principalmente en pacientes con apéndice gangrenosa (1 de cada 2 pacientes con absceso abdominal presentaron apéndice gangrenoso), de manera que podemos establecer una relación entre el apéndice gangrenoso y la probabilidad de un absceso abdominal e infección [25,33].

Para evitar complicaciones como los abscesos abdominales postoperatorios en la apendicectomía, se recomienda realizar un drenaje abdominal, aunque este se ha visto relacionado con un mayor tiempo de recuperación, es útil para evitar futuras complicaciones [26]. Una de las complicaciones más habituales se presenta en personas con sobrepeso como se ha mencionado previamente, debido a la pared abdominal más gruesa que la de las personas con un IMC bajo, y esto puede llegar a complicar la ejecución de una correcta técnica quirúrgica.

Por otro lado, aun en los métodos menos invasivos para el paciente se pueden llegar a presentar ciertas complicaciones, ya que los pacientes con obesidad, diabetes mellitus tipo 2 o mujeres son más propensos a presentar

infecciones intestinales (tejidos blandos), una tardía en su recuperación y mala cicatrización. También existen ciertas complicaciones más graves como apendicitis perforadas que en una apendicectomía Laparoscópica se da en un 24% en comparación a una apendicectomía abierta que solo representa un 4,2% [27,34].

5 Conclusión

Actualmente la mayoría de procedimiento quirúrgicos son procedimientos seguros y efectivos. La apendicectomía laparoscópica es considerada el mejor tratamiento para una apendicitis aguda debido a la tasa de complicaciones bajas que esta presenta a nivel global, una menor tasa de mortalidad y menor índice de infecciones en el sitio de la incisión operado.

La apendicectomía laparoscópica es mejor que una apendicectomía abierta, pero siempre debemos tener en cuenta que siempre van existir ciertas complicaciones en cualquier metodo o tecnica que se utilice ya sea por cualquier factor, comúnmente entre las complicaciones que se han presentado tenemos las infecciones quirúrgicas en el sitio quirúrgico, lesión de los órganos adyacentes y obstrucción intestinal, estos problemas se presentan en porcentajes bajos en los pacientes lo importante es identificarlas a tiempo y tratarla de manera oportuna.

A partir del desarrollo de la investigación propuesta, se obtuvo un método multicriterio neutrosófico para evaluar las complicaciones en la apendicectomía laparoscópica en pacientes jóvenes. La implementación del método propuesto, basó su funcionamiento en métodos neutrosóficos para modelar la incertidumbre.

Referencias

[1] J. P. Toro, Ó. J. Barrera, and C. H. Morales, "Superioridad clínica de la apendicectomía laparoscópica sobre la técnica abierta: Â¿ adopción lenta de un nuevo estándar de tratamiento?," *Revista Colombiana de Cirugía,* vol. 32, no. 1, pp. 32-39, 2017.

[2] A. Nikolovski, and C. Ulusoy, "Intra and Postoperative Advantages of Laparoscopy in the Treatment of Complicated Appendicitis," *prilozi,* vol. 43, no. 2, pp. 59-65, 2022.

[3] Y.-T. Liao, J. Huang, C.-T. Wu, P.-C. Chen, T.-T. Hsieh, F. Lai, T.-C. Chen, and J.-T. Liang, "The necessity of abdominal drainage for patients with complicated appendicitis undergoing laparoscopic appendectomy: a retrospective cohort study," *World Journal of Emergency Surgery,* vol. 17, no. 1, pp. 16, 2022.

[4] A. H. Hussein, A. El-Baaly, W. M. Ghareeb, K. Madbouly, and H. Gabr, "Outcome and quality of life in obese patients underwent laparoscopic vs. open appendectomy," *BMC surgery,* vol. 22, no. 1, pp. 282, 2022.

[5] A. Karayiannakis, A. Polychronidis, S. Perente, S. Botaitis, and C. Simopoulos, "Laparoscopic cholecystectomy in patients with previous upper or lower abdominal surgery," *Surgical Endoscopy And Other Interventional Techniques,* vol. 18, pp. 97-101, 2004.

[6] N. Poprom, C. Wilasrusmee, J. Attia, M. McEvoy, A. Thakkinstian, and S. Rattanasiri, "Comparison of postoperative complications between open and laparoscopic appendectomy: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses," *Journal of Trauma and Acute Care Surgery,* vol. 89, no. 4, pp. 813-820, 2020.

[7] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[8] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[9] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[10] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[11] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[12] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[13] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[14] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[15] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[16] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.

[17] J. Ye, "Single-valued neutrosophic minimum spanning tree and its clustering method," *Journal of intelligent Systems,* vol. 23, no. 3, pp. 311-324, 2014.

[18] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[19] J. Wang, G. Wei, and Y. Wei, "Models for green supplier selection with some 2-tuple linguistic neutrosophic number Bonferroni mean operators," *Symmetry,* vol. 10, no. 5, pp. 131, 2018.

[20] F. Mata, "Modelos para sistemas de apoyo al consenso en problemas de toma de decisión en grupo definidos en contextos lingüisticos multigranulares," *Universidad de Jaén, Doctoral Thesis Jaén*, 2006.

[21] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[22] M. Y. L. Vázquez, K. Y. P. Teurel, A. F. Estrada, and J. G. González, "Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingenieria y Universidad: Engineering for Development,* vol. 17, no. 2, pp. 375-390, 2013.

[23] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[24] A. C. C. Teneda, and L. A. A. Álvarez, "Absceso hepático como precursor del cáncer colorrectal," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 6, pp. 133-145, 2023.

[25] R. P. G. Villacis, and I. P. L. Merino, "Uso de la escala de Parkland en el abordaje transoperatorio de colecistitis aguda y la elección de colecistectomía subtotal," *Revista Científica de Salud BIOSANA,* vol. 4, no. 1, pp. 39-52, 2024.

[26] L. E. B. Cedeño, J. C. C. Camacho, I. A. B. Intriago, and J. E. B. Intriago, "Técnica Bermúdez: una innovación quirúrgica en Hernias Inguinales que impacta en la reducción de recidivas y complicaciones postoperatorias," *Revista Científica de Salud BIOSANA,* vol. 4, no. 5, pp. 52-65, 2024.

[27] B. Flores-Robles, C. Sangüesa-Gómez, L. Roustán-Gullón, and I. Kovtun, "Sarcoidosis developing after treatment with interferon alpha in a patient with hepatitis C: An association every physician should know," *Revista de Gastroenterologia de Mexico,* vol. 82, no. 2, pp. 185-186, 2016.

[28] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[29] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[30] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[31] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[32] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[33] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[34] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 17, 2025. Aceptado: marzo 07, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación de riesgos, eficacia y resultados de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática

Neutrosophic Multicriteria Method for risk, efficacy and outcome assessment of intervention in adolescents with idiopathic scoliosis

John Alex Torres Yánez[1], Brenedy Fernando Camino Garcés[2], and Karla Stephanie Moreira Velasco[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.johnty73@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. brenedycg03@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. karlamv42@uniandes.edu.ec

Resumen. La escoliosis idiopática del adolescente (EIA) es una deformidad de la columna en tres dimensiones cuya causa no es del todo clara, aunque se asocia principalmente a factores genéticos. Esta condición afecta predominantemente a adolescentes y se diagnostica cuando el ángulo de Cobb alcanza los 10º o más. El tratamiento depende de la gravedad y la madurez de la curva: se recomienda el uso de un corsé interno para curvas inmaduras que oscilen entre 25º y 45º, mientras que la cirugía es indicada para curvas maduras que superen los 45º. Este estudio examina la efectividad, riesgos y resultados de la Corrección Anterior de la Escoliosis (ASC), a través de una revisión de la literatura de los últimos cinco años. La ASC se distingue por ser un procedimiento que no fusiona las vértebras, utilizando tornillos segmentarios y un cordón flexible de polietileno. Aunque existen riesgos como la rotura del anclaje vertebral y complicaciones pulmonares, estos son poco frecuentes. El presente artículo tiene como objetivo implementar un Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación de riesgos, eficacia y resultados de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática. Se concluyó que es un método eficaz y menos invasivo para tratar la EIA en adolescentes, manteniendo la movilidad de la columna y presentando bajas tasas de complicaciones, aunque se requiere mayor investigación para consolidar sus beneficios.

Palabras Claves: método multicriterio neutrosófico, evaluación de riesgos, eficacia y resultados, intervención en adolescentes, escoliosis idiopática de comunicación.

Abstract. Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is a three-dimensional spinal deformity whose cause is not entirely clear, although it is mainly associated with genetic factors. This condition predominantly affects adolescents and is diagnosed when the Cobb angle reaches 10º or more. Treatment depends on the severity and maturity of the curve: the use of an internal corset is recommended for immature curves ranging from 25º to 45º, while surgery is indicated for mature curves exceeding 45º. This study examines the effectiveness, risks, and results of Anterior Scoliosis Correction (ASC), through a review of the literature from the last five years. ASC is distinguished by being a procedure that does not fuse the vertebrae, using segmental screws and a flexible polyethylene cord. Although there are risks such as vertebral anchor breakage and pulmonary complications, these are rare. The present article aims to implement a Neutrosophic Multicriteria Method for the evaluation of risks, efficacy and results of intervention in adolescents with idiopathic scoliosis. It was concluded that it is an effective and less invasive method to treat EIA in adolescents, maintaining spinal mobility and presenting low rates of complications, although further research is required to consolidate its benefits.

Keywords: multicriteria neutrosophic method, risk assessment, efficacy and results, intervention in adolescents, idiopathic communication scoliosis.

1 Introducción

La escoliosis idiopática en adolescentes (EIA) representa una deformidad tridimensional de la columna que afecta a una gran parte de la población juvenil a nivel mundial. Aunque la etiología de esta condición aún no se comprende por completo, investigaciones recientes han establecido una fuerte asociación con factores genéticos. La EIA tiende a manifestarse con mayor frecuencia en niños a partir de los 10 años, lo que resalta la importancia de una detección temprana y un enfoque adecuado en el tratamiento [1].

El diagnóstico de la EIA se confirma cuando el ángulo de Cobb es de 10º o más. Es fundamental considerar tanto el tipo como la magnitud de la curva al momento de decidir el tratamiento. Para curvas inmaduras que se encuentran entre 25º y 45º, se recomienda el uso de un corsé interno, mientras que para las curvas maduras que superan los 45º, se sugiere la cirugía. Ante esta situación, los cirujanos deben evaluar cuidadosamente cuál es el enfoque más adecuado para cada paciente.

Actualmente, se busca desarrollar procedimientos quirúrgicos que se clasifiquen como efectivos para tratar la escoliosis idiopática en adolescentes, y que, a su vez, ofrezcan múltiples beneficios a quienes padecen esta enfermedad. Dentro de este contexto, la Corrección Anterior de la Escoliosis (ASC) ha surgido como una técnica innovadora que promete una aproximación más avanzada en el tratamiento de la EIA, destacándose por sus ventajas en comparación con los métodos quirúrgicos convencionales [2].

La ASC representa una opción atractiva para pacientes con EIA, debido a su potencial para mejorar los resultados clínicos y facilitar la recuperación. Sin embargo, la necesidad de investigar y perfeccionar las técnicas quirúrgicas es de suma importancia para maximizar los beneficios y minimizar los riesgos asociados a estas intervenciones. La literatura actual sugiere que la continua actualización en este campo es crucial para ofrecer las mejores alternativas a los jóvenes con esta condición.

La escoliosis idiopática en adolescentes plantea un desafío significativo en el ámbito de la salud ortopédica. A medida que avanzan las técnicas quirúrgicas y se implementan innovaciones como la ASC, se requiere un compromiso constante hacia la investigación y la mejora de los tratamientos. Esto no solo permitirá optimizar los resultados para los pacientes, sino que también contribuirá al bienestar general de esta población vulnerable [3,31].

1.1 Preliminares

La Corrección Anterior de la Escoliosis se presenta como una cirugía innovadora que maximiza los beneficios y la eficacia del anclaje de cuerpo vertebral. Esta práctica clínica se fundamenta en una intervención quirúrgica que no implica la fusión ni la fijación de las vértebras de la columna, enfocándose en tratar específicamente a pacientes con escoliosis idiopática adolescente grave. Durante el procedimiento, se busca detener la progresión de la curvatura y corregirla mediante la inserción convexa de tornillos segmentarios, conectados a un cordón de polietileno flexible.

Técnica Quirúrgica

Para acceder a la columna vertebral, se realiza una incisión de 10 a 15 cm en el lado del tronco donde se encuentra la curvatura. La intervención se adapta según la cantidad de curvaturas presentes; comenzando desde el lado convexo de la escoliosis. En el caso de una escoliosis de doble curva, se requiere cirugía bilateral. Los tornillos se insertan de manera segmentaria y bicortical, frecuentemente utilizando un abordaje miniabierto o toracoscópico. Luego, el cordón de polietileno se sujeta a los tornillos, permitiendo que la corrección de la curvatura se logre mediante una compresión segmentaria, teniendo en cuenta el crecimiento residual para evitar una sobrecorrección.

En esta técnica, se utilizan comúnmente tornillos de titanio como anclaje para corregir la deformidad desde el lado convexo, mientras que el cordón flexible de polietileno, conocido como tether, conecta los tornillos y se tensa para lograr la corrección necesaria. Este cordón se asegura a uno de los tornillos tras la corrección segmentaria [4,32].

Riesgos de la Corrección Anterior de la Escoliosis

Uno de los riesgos asociados con esta intervención quirúrgica es la posible rotura del anclaje del cuerpo vertebral, que puede ocurrir con el tiempo debido a una fractura del anclaje entre los cuerpos vertebrales. Las roturas torácicas tienden a producirse por debajo del ápice de la curvatura, mientras que las lumbares generalmente ocurren en o distal al ápice. Si se presenta una rotura del cordón, la paciente puede no experimentar síntomas evidentes, y este tipo de complicación se suele detectar mediante radiografías de control. Se realizan radiografías preoperatorias y postoperatorias, así como seguimientos a los meses posteriores para evaluar la mejoría y detectar complicaciones. En caso de rotura, se requeriría una nueva operación para reemplazar el cordón; una estrategia para mitigar este riesgo es utilizar dos cuerdas en el mismo lado de la escoliosis si es necesario.

Además, pueden surgir complicaciones pulmonares. Según estudios, existe aproximadamente un 6.9% de riesgo de complicaciones pulmonares, incluyendo hematomas en la zona quirúrgica que podrían requerir drenaje prolongado. También se pueden presentar colapsos pulmonares, neumotórax o hemotórax, mientras que las infecciones pulmonares son relativamente raras. Se han observado cambios en la capacidad pulmonar antes y después de la cirugía, con reducciones en el volumen inspiratorio y la capacidad vital forzada, especialmente en pacientes

con curvas torácicas o dobles. Un estudio ha revelado que, aunque se observan descensos en los parámetros post-operatorios, estos tienden a estabilizarse aproximadamente seis semanas después de la cirugía [5,33].

Por último, aunque raras, existen otras complicaciones, como infecciones en la herida y inflamación de la columna vertebral que pueden ocurrir durante los primeros treinta días postquirúrgicos. Estos problemas pueden manifestarse con síntomas como dolor, fiebre y supuración de la herida, siendo factores predisponentes la edad del paciente y la presencia de enfermedades asociadas, como diabetes o enfermedades reumáticas. Otros factores, como la desnutrición, un bajo nivel de calcio en suero, y la duración del drenaje y de la cirugía, pueden incrementar el riesgo de infecciones postoperatorias.

Eficacia y Resultados de la Corrección Anterior de la Escoliosis

La cirugía de Corrección Anterior de la Escoliosis idiopática ofrece una ventaja significativa al permitir la conservación de la movilidad de la columna, ya que no se fusionan ni se fijan las vértebras durante el procedimiento. Esto se traduce en una agresión quirúrgica menor, evitando la necesidad de cortar músculos y estructuras óseas, lo que hace de esta intervención una opción menos invasiva y mucho más segura.

La duración de la cirugía es aproximadamente de 230 minutos, y se ha observado que la pérdida de sangre es moderada, con un promedio de 153 ml, lo que rara vez requiere transfusiones, a diferencia de otros métodos de corrección de la escoliosis [6].

El recuperatorio suele ser menos doloroso en comparación con una cirugía convencional, lo que facilita un regreso más rápido a las actividades diarias del paciente. Postoperatoriamente, el paciente es monitorizado en cuidados intensivos durante 12 a 24 horas y se le coloca un drenaje torácico por un periodo de 24 a 48 horas para asegurar una adecuada expansión pulmonar. Al concluir la operación, el paciente es trasladado a la Unidad de Cuidados Intensivos.

En el segundo día después de la cirugía, la mayoría de los pacientes se levantan de la cama y comienzan a caminar con la asistencia de un fisioterapeuta. Tras el alta, suelen poder caminar y subir escaleras sin dificultad. En muchos casos, no se requiere el uso de un corsé en el postoperatorio, aunque se aconseja evitar movimientos bruscos, como agacharse o girar rápidamente, en etapas tempranas de recuperación. Se permite retomar la actividad deportiva aproximadamente dos meses después del procedimiento.

2 Materiales y métodos

La presente sección describe el funcionamiento del método multicriterio neutrosófico para la evaluación de riesgos, eficacia y resultados de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática. Se presentan las características generales de la solución propuesta. Se describen las principales etapas y actividades que conforman el método.

El método multicriterio neutrosófico para la evaluación de riesgos, eficacia y resultados de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática, está diseñado bajo las siguientes cualidades:

- Integración: el método garantiza la interconexión de los diferentes componentes en combinación para la evaluación de riesgos, eficacia y resultados de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática.
- Flexibilidad: utiliza 2-tuplas para representar la incertidumbre de modo que aumente la interoperabilidad de los especialistas que interactúan con el método.
- Interdependencia: el método utiliza como punto de partida los datos de entrada proporcionados por los expertos del proceso. Los resultados analizados contribuyen a una base de experiencia que conforma el núcleo del procesamiento para la inferencia.

El método se sustenta en los siguientes principios:

- Identificación mediante el equipo de expertos de los indicadores para la evaluación de riesgos, eficacia y resultados de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática.
- El empleo de métodos multicriterios en la evaluación.

El método neutrosófico propuesto está estructurado para gestionar el flujo de trabajo del proceso de evaluación a partir de un método de inferencia multicriterio. Posee tres etapas fundamentales: entrada, procesamiento y salida de información. La Figura 1 muestra un esquema que ilustra el funcionamiento general del método.

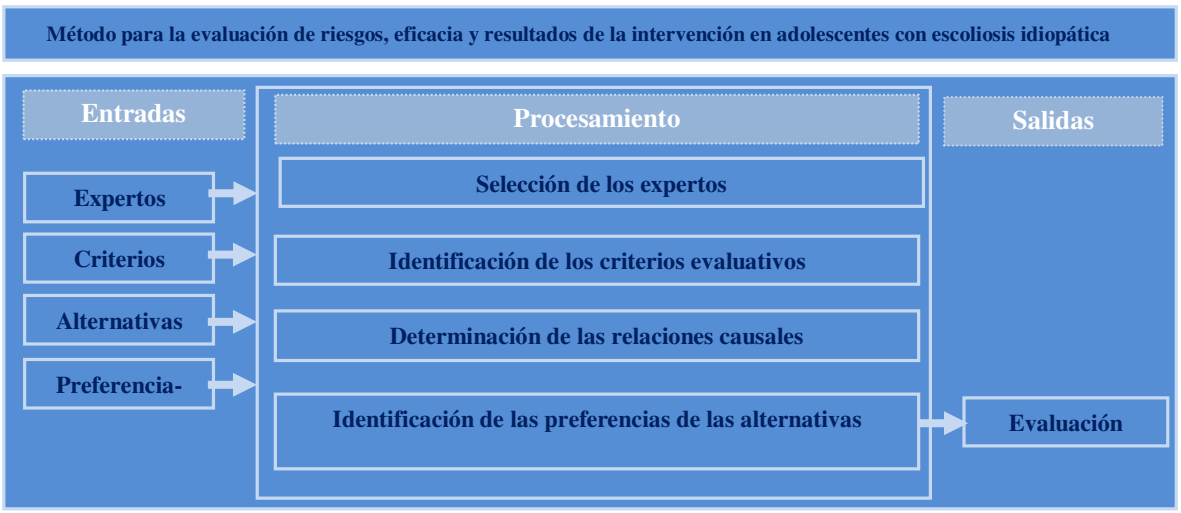


Figura 1. Esquema general del funcionamiento del método.

2.1 Descripción de las etapas del método para la evaluación de riesgos, eficacia y resultados de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática

El método propuesto está diseñado para garantizar la gestión del flujo de trabajo en el proceso de evaluación de riesgos, eficacia y resultados de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática. Utiliza un enfoque multicriterio multiexperto donde se identifican indicadores evaluativos para determinar el funcionamiento del procesamiento del método.

La etapa de procesamiento está estructurada por cuatro actividades que rigen el proceso de inferencia del procesamiento. A continuación se detalla su funcionamiento:

Actividad 1: Selección de los expertos.

El proceso consiste en determinar el grupo de expertos que intervienen en el proceso. Para su selección se emplea la metodología propuesta por Fernández [7]. Para comenzar el proceso se envía un modelo a los posibles expertos con una explicación breve sobre los objetivos del trabajo y el área del conocimiento en el que se enmarca la investigación. Se establece contacto con los expertos conocedores y se les pide que participen en el panel. La actividad obtiene como resultado la captación del grupo de expertos que participará en la aplicación del método.

El proceso debe filtrar los expertos con bajo nivel de experticia participando en el proceso los de mayor conocimiento y prestigio en el área del conocimiento que se enmarca el objeto de estudio de la investigación. Para realizar el proceso de filtraje se realiza un cuestionario de autoevaluación para expertos. El objetivo es determinar el coeficiente de conocimiento o información (K_c), la ecuación 1 expresa el método para determinar el nivel de experticia.

$$K_c = n(0,1) \tag{1}$$

Where:
K_c: coeficiente de conocimiento o información
n: rango seleccionado por el experto

Actividad 2 Identificación de los criterios de evaluación

Una vez identificados los expertos que intervienen en el proceso se procede a la identificación de los criterios evaluativos [8-10]. Los criterios nutren el método, representan parámetros de entrada que se utilizan en la etapa de procesamiento. A partir del trabajo en grupo de los expertos se realizan las siguientes actividades [11,34]:

1. Se envía un cuestionario a los miembros del panel y se les pide su opinión para la selección de los criterios evaluativos que sustenten la investigación. A partir de un cuestionario previamente elaborado, se obtiene como resultado el conjunto de criterios de los expertos.
2. Se analizan las respuestas y se identifican las áreas en que están de acuerdo y en las que difieren. La actividad permite realizar un análisis del comportamiento de las respuestas emitidas por los expertos y se identifican los elementos comunes.

3. Se envía el análisis resumido de todas las respuestas a los miembros del panel, se les pide que llenen de nuevo el cuestionario y que den sus razones respecto a las opiniones en que difieren. La actividad permite obtener una nueva valoración del grupo de expertos sobre el conocimiento recogido y resumido.
4. Se repite el proceso hasta que se estabilizan las respuestas [12, 13]. La actividad representa la condición de parada del método, a partir de que se estabilicen las respuestas se concluye su aplicación considerándose este el resultado general.

La actividad obtienen como resultado el conjunto de criterios evaluativos del método. Emplea un enfoque multicriterio expresado como muestra la ecuación 2.

$$C = \{c_1, c_2, , , c_m\} \tag{2}$$

Donde:

$$m > 1, \tag{3}$$

Actividad 3 Determinación de los pesos de los criterios.

Para determinar los pesos atribuidos a los criterios evaluativos se utiliza el grupo de expertos que intervienen en el proceso. Se les pide que determinen el nivel de importancia atribuido a los criterios evaluativos identificados en la actividad previa.

Los pesos de los criterios evaluativos son expresados mediante un dominio de valores difusos. Los conjuntos difusos dan un valor cuantitativo a cada elemento, el cual representa el grado de pertenencia al conjunto. Un conjunto difuso A es una aplicación de un conjunto referencial S en el intervalo [0, 1], tal que:
$A: S \rightarrow [0,1]$, y se define por medio de una función de pertenencia:

$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1. \tag{4}$$

Para aumentar la interpretatividad en la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios se utilizan términos lingüísticos basados en 2-tuplas Neutrosófica [14, 15]. El uso de etiquetas lingüísticas en modelos de decisión supone, en la mayoría de los casos, la realización de operaciones con etiquetas lingüísticas. La tabla 1 muestra el conjunto de términos lingüísticos con sus respectivos valores.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Una vez obtenidos los vectores de pesos de los diferentes expertos que intervienen en el proceso se realiza un proceso de agregación de información a partir de una función promedio tal como muestra la ecuación 5.

$$VA = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_{ij}}{E} \tag{5}$$

Donde:
VA: valor agregado,
E: cantidad de expertos que participan en el proceso,
C_{ij}: vector de pesos expresado por los expertos para los criterios C.

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

La actividad para la determinación de las preferencias consiste en identificar el impacto que poseen los criterios evaluativos para la evaluación de riesgos, eficacia y resultados de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática[16],[17], [18]. El proceso de evaluación es realizado mediante una escala numérica de modo que se exprese el nivel de pertenencia de los indicadores [19-21]. La figura 2 muestra una gráfica con los conjuntos de

etiquetas lingüísticas utilizados.

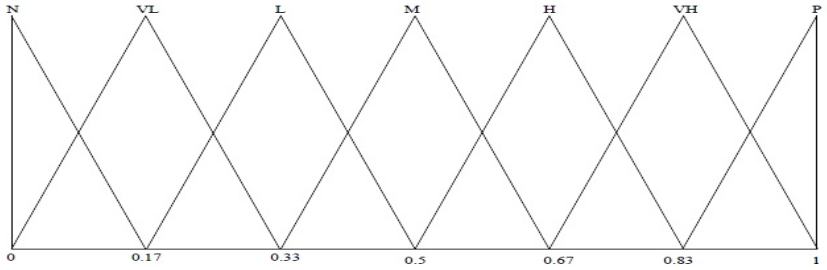


Figura 2. Conjunto de etiquetas lingüísticas.

Donde:
N: Nulo; VL: Muy Bajo; L: Bajo; M: Medio; H: Alto; VH: Muy Alto; P: Preferido

Para la evaluación de riesgos, eficacia y resultados de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática, se describe el problema y la evaluación de cada alternativa a partir del cual se forma la matriz de evaluación [12, 13]. La matriz está compuesta por las alternativas, los criterios y la valoración de cada criterio para cada alternativa.

A partir de obtener las preferencias de cada criterio evaluativo sobre el objeto de estudio, se realiza el proceso de inferencia de información. La inferencia es guiada mediante el uso de operadores de agregación de información. Se parte del conjunto de alternativas A:

$$A = \{A_1, A_2, \ldots, A_m\} \tag{6}$$

A las cuales se les obtienen las preferencias P:

$$P = C_1, , C_n \tag{7}$$

A los criterios evaluativos se les aplica un método multicriterio para procesar las alternativas a partir de los vectores de pesos *W* definidos por los expertos sobre los criterios evaluativos.

$$W = \{w_1, w_2, , w_n\} \tag{8}$$

El proceso de agregación se realiza con la utilización de operadores de agregación de información [14, 19]. El objetivo fundamental consiste en obtener valoraciones colectivas a partir de valoraciones individuales mediante el uso de operadores de agregación. Para el procesamiento del método propuesto se utiliza el operador de agregación OWA (*Ordered Weighted Averaging)* [22,35].

Los operadores OWA funcionan similar a los operadores media ponderada, aunque los valores que toman las variables se ordenan previamente de forma decreciente y, contrariamente a lo que ocurre en las medias ponderadas, los pesos no están asociados a ninguna variable en concreto [23,36], [24,37].

Definición 1: Dado un vector de pesos $W = w_1, , w_n \in [0,1]^n$ tal que: $\sum_{i=1}^{n} w_i$, el operador (OWA) asociado a w es el operador de agregación f_n^w: → R definido por:

$$f_n^w(u) = \sum_{i=1}^{n} w_i \, v_i \tag{9}$$

donde v_i es el *i*-ésimo mayor elemento de $\{u_1, , u_n\}$

Para la presente investigación se define el proceso de agregación de la información empleado, tal como expresa la ecuación 10.

$$F(p_1, , p_2, , p_n) = \sum_{j=1}^{n} w_j b_j \tag{10}$$

Donde:
P: conjunto de preferencias obtenidas de evaluación de riesgos, eficacia y resultados de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática realizada.
w_j: son los vectores de pesos atribuidos a los criterios evaluativos.
bj: es el j-ésimo más grande de las preferencias p_n ordenados.

3 Resultados y discusión

Para la implementación del método propuesto se ha realizado un estudio de caso donde se representa un instrumento enfocado hacia el caso específico que se modela. El objeto de análisis es un caso de estudio sobre para la evaluación de riesgos, eficacia y resultados de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática. A continuación se presentan las valoraciones alcanzadas por cada actividad:

Actividad 1: Selección de loes expertos.

Para la aplicación del método, se aplicó un cuestionario con el objetivo de seleccionar el grupo de expertos a intervenir en el proceso. Se logró el compromiso desinteresado de 7 expertos. Se les aplicó el cuestionario de autoevaluación a los 7 expertos donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- 5 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia sobre el tema objeto de estudio de 10 puntos.
- 1 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 9 puntos.
- 1 expertos se autoevalúa con un nivel de competencia de 8 puntos.

El coeficiente de conocimiento K_c representa un parámetro importante en la aplicación del método propuesto. Para la investigación se obtienen los K_c por experto tal como refiere la tabla 2

Tabla:

Tabla 2. Coeficiente de conocimiento por expertos**.**

1	2	3	4	5	6	7
0,80	1	1	1	1	0,90	1

Se realizaron cuatro preguntas a los expertos con el objetivo de evaluar sus niveles de conocimiento sobre el tema. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Pregunta 1: Análisis teóricos realizados sobre el tema. De los expertos, 5 se autoevaluaron con un nivel Alto y 2 con un nivel Medio.

Pregunta 2: Estudio de trabajos publicados por autores ecuatorianos. Se obtuvieron 4 autoevaluaciones de nivel Alto, 2 de nivel Medio y 1 de nivel Bajo.

Pregunta 3: Contacto directo con casos polémicos de pronunciamiento mediático. Los resultados mostraron que 5 expertos se autoevaluaron con un nivel Alto, 1 con un nivel Medio y 1 con un nivel Bajo.

Pregunta 4: Conocimiento del estado actual de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática. Cuatro expertos se autoevaluaron con un nivel Alto, 2 con un nivel Medio y 1 con un nivel Bajo.

La figura 3 muestra una gráfica con el comportamiento de los coeficientes de conocimiento de los expertos. A partir del análisis de los resultados se determina utilizar los 7 expertos previstos inicialmente.

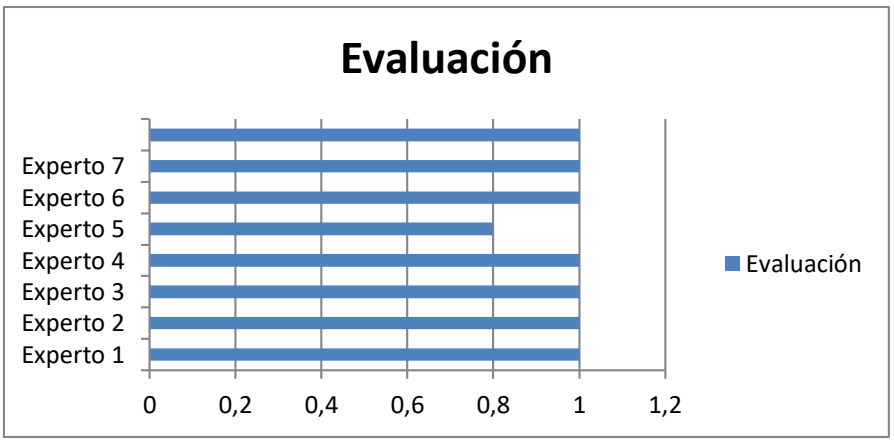


Figura 3. Representación del coeficiente de conocimiento de los expertos.

Actividad 2 Identificación de los criterios de evaluación

Para la actividad se realizó una encuesta a los expertos que intervienen en el proceso. El objetivo consistió en identificar los criterios para la evaluación de riesgos, eficacia y resultados de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática. Los indicadores constituyen el elemento fundamental sobre el cual se realiza el procesamiento en etapas siguientes. La tabla 3 visualiza los criterios evaluativos obtenidos de la actividad.

Tabla 3: Criterios evaluativos obtenidos.

ID	Criterios	Descripción
C_1	Complicaciones Quirúrgicas	Evaluar la frecuencia y gravedad de complicaciones durante y después de la cirugía, incluyendo infecciones, sangrado excesivo, daño a estructuras vecinas, y complicaciones pulmonares como neumotórax.
C_2	Mejora de la Curvatura	Medir el grado de corrección de la curvatura escoliótica pre y postoperatoriamente a través de radiografías, utilizando ángulos como el de Cobb para cuantificar los cambios.
C_3	Movilidad y Funcionalidad	Evaluar la recuperación en la movilidad de la columna vertebral post-intervención, así como la capacidad del paciente para realizar actividades diarias y participar en deportes después de la cirugía.
C_4	Control del Dolor	Analizar la intensidad y duración del dolor postoperatorio en comparación con cirugías tradicionales, examinando la necesidad de medicación para el dolor y el tiempo que toma para regresar a una rutina normal.
C_5	Satisfacción del Paciente	Recoger la experiencia del paciente a través de encuestas o entrevistas sobre su satisfacción con los resultados de la intervención, su calidad de vida y su percepción del tratamiento recibido.
C_6	Seguimiento a Largo Plazo	Evaluar el estado del paciente a lo largo del tiempo, observando la estabilidad de la corrección de la curvatura, el crecimiento y el desarrollo de nuevas complicaciones a largo plazo. Esto puede incluir evaluaciones anuales durante varios años tras la cirugía.

Actividad 3 Determinación de los pesos de los criterios

Para determinar los pesos sobre los criterios se utilizó un enfoque multiexperto, en el que participaron los 7 seleccionados en la actividad 1. Con el empleo de 2-tuplas tal como propone la tabla 1 se realizó el trabajo por el grupo de expertos. A partir de la agregación realizada mediante la ecuación 9, se unifican los pesos de los 7 expertos en un valor agregado. La tabla 4 muestra el resultado de los vectores de pesos resultantes de la actividad. Se llegó al consenso en la tercera iteración del proceso. A partir de lo cual se tomó como valor de parada.

Tabla 4: Pesos de los criterios a partir del criterio de experto.

Número	Vectores de pesos W para los criterios C
C_1	[1,0,0]
C_2	[0.9, 0.1, 0.1]
C_3	[0.8,0,15,0.20]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]
C_5	[0.9, 0.1, 0.1]
C_6	[1,0,0]

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

Para el estudio de caso propuesto, se realizó una evaluación del cumplimiento de los criterios. Se tomó como información de partida los vectores de pesos atribuidos a cada criterio evaluativo. Se evaluó el cumplimiento de los indicadores con el empleo del conjunto de etiquetas lingüísticas. Se obtuvo como resultado un sistema con valores difusos que se agregan como valores de salidas. La tabla 5 muestra el resultado del procesamiento realizado.

Tabla 5: Resultado de las evaluaciones obtenidas por los expertos.

Número	W	Preferencia	$\sum_{j=1}^{n} w_j b_j$
C_1	[1,0,0]	[0.8,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_2	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_3	[0.8,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8,0,15,0.20]	[0.85,0,15,0.20]
C_5	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_6	[1,0,0]	[0.70,0.25,0.30]	[0.85,0,15,0.20]
Índice			[0.9, 0.1, 0.1]

La figura 4 muestra el comportamiento de las inferencias sobre los criterios evaluativos para el caso de estudio propuesto.

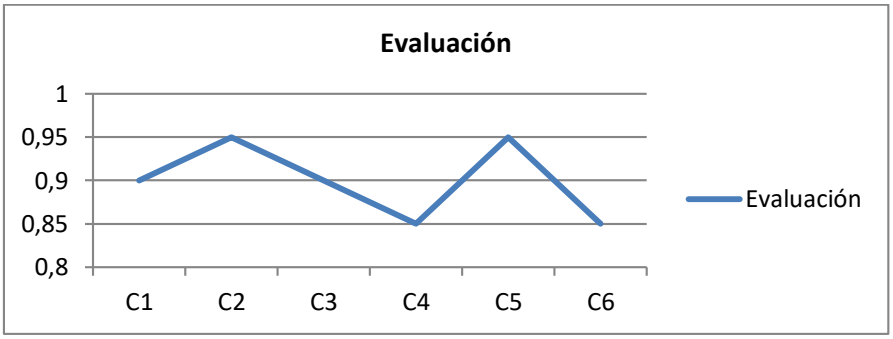


Figura 4. Comportamiento de las inferencias.

Con base en los datos presentados en la tabla 5, se puede observar un índice del método multicriterio neutrosófico para evaluar los riesgos, la eficacia y los resultados de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática, obteniendo un valor de II de 0,90. Este resultado se clasifica como un índice alto, lo que indica que el caso analizado presenta una evaluación significativa en términos de riesgos, eficacia y resultados de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática.

4 Discusión

Según Almahmoud et al.,[25] la escoliosis idiopática representa la mayor parte de los casos de escoliosis en adolescentes con edades entre los 13 y 18 años, aunque esta afección puede manifestarse en niños más pequeños. La prevalencia de esta enfermedad está relacionada con diversos factores, como la actividad física y el índice de masa corporal, siendo el riesgo genético el principal causante asociado a esta condición.

Zhang et al. [26] indican que la intervención quirúrgica de Corrección Anterior de la Escoliosis es un tratamiento efectivo para corregir la curvatura vertebral, especialmente recomendado para adolescentes con escoliosis severa. De manera similar, Pehlivanoglu et al. [27] señalan que esta técnica puede aplicarse a pacientes jóvenes con curvaturas esqueléticamente inmaduras, permitiendo no solo la corrección de la deformidad escoliótica, sino también modulando el crecimiento durante este proceso.

En cuanto a los riesgos asociados, Yang et al.[28] advierten que una de las principales complicaciones de la Corrección Anterior de la Escoliosis es la posible rotura del anclaje en el cuerpo vertebral, la cual puede ocurrir debido a una sobrecorrección de la curvatura. Este tipo de lesión tiende a presentarse con mayor frecuencia en la zona torácica y lumbar, siendo las roturas lumbares las más comunes.

También se deben considerar las complicaciones pulmonares. Baroncini et al.[29] Mencionan que después de una cirugía de corrección anterior, existe la posibilidad de presentar neumotórax o hemotórax, aunque estos eventos son bastante infrecuentes. Además, se ha observado una disminución en la capacidad pulmonar total tras el procedimiento, así como en el volumen espiratorio forzado en el primer segundo, en comparación con los niveles preoperatorios.

Respecto a la eficacia y los resultados de este procedimiento, Cuddihy et al. [30]Indican que la Corrección Anterior de la escoliosis ayuda a mantener la movilidad de la columna, presentándose como una opción menos riesgosa e invasiva que otros tipos de intervenciones. En concordancia con esta afirmación, Baroncini et al. [29] Destacan que en esta cirugía la pérdida de sangre es mínima y que el proceso postoperatorio tiende a ser menos doloroso para el paciente.

5 Conclusión

A partir de la implementación del método propuesto, se obtienen vectores de pesos de agregación para la evaluación de riesgos, eficacia y resultados de la intervención en adolescentes con escoliosis idiopática. Se obtuvo como resultado del método la participación desinteresada de 7 expertos de los cuales todos contribuyeron con la investigación a partir de su coeficiente de competencia para la implementación del método propuesto.

La cirugía de Corrección Anterior de la Escoliosis se ha convertido en la opción preferida para el tratamiento de la escoliosis idiopática en adolescentes con curvaturas superiores a 45º, según el ángulo de Cobb. Este procedimiento quirúrgico es menos invasivo en comparación con otras técnicas utilizadas para corregir la escoliosis, lo que permite mantener la movilidad de la columna como una de sus principales ventajas.

Además, la tasa de complicaciones asociadas a esta cirugía es baja, siendo poco frecuentes los eventos adversos, aunque la rotura de los anclajes en la columna es la principal preocupación a evaluar.

La Corrección Anterior de la Escoliosis se presenta como una técnica prometedora que merece una mayor atención y análisis en el futuro. A pesar de los buenos resultados que ha demostrado hasta ahora, aún es un procedimiento relativamente nuevo y poco conocido por muchos cirujanos. Por esta razón, es fundamental fomentar la investigación adicional en este campo para evidenciar de manera más contundente los beneficios que se están logrando con esta intervención médica.

Referencias

[1] J. S. e. L. Schleder, J. L. d. Santos, M. C. Lima, S. Mistro, A. F. Rosa, W. Pasqualini, M. A. Tebet, P. T. M. Cavali, and M. I. Risso, "Adolescent idiopathic scoliosis: progression of untreated cases," *Coluna/Columna,* vol. 22, no. 2, pp. e262590, 2023.

[2] A. L. Kuznia, A. K. Hernandez, and L. U. Lee, "Adolescent idiopathic scoliosis: common questions and answers," *American family physician,* vol. 101, no. 1, pp. 19-23, 2020.

[3] D. Addai, J. Zarkos, and A. J. Bowey, "Current concepts in the diagnosis and management of adolescent idiopathic scoliosis," *Child's Nervous System,* vol. 36, pp. 1111-1119, 2020.

[4] P. D. Trobisch, P. Kobbe, and A. Baroncini, "Dynamic scoliosis correction as alternative treatment for patients with adolescent idiopathic scoliosis: a non-fusion surgical technique," *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie,* vol. 158, no. 06, pp. 641-646, 2020.

[5] L. Xu, W. Luan, Y. Wang, X. Sun, Z. Liu, B. Qian, Y. Qiu, and Z. Zhu, "Improvement of pulmonary function in arthrogryposis multiplex congenita patients undergoing posterior spinal fusion surgery for concomitant scoliosis: a minimum of 3-year follow-up," *World Neurosurgery,* vol. 157, pp. e424-e431, 2022.

[6] I. A. STEPANOV, V. A. E. BELOBORODOV, M. A. E. SHAMEEVA, and E. B. BORISOV, "A scoring system to predict the risk of surgical site infections after spinal surgery," *Coluna/Columna,* vol. 20, pp. 212-216, 2021.

[7] S. H. d. M. Fernández. "Criterio de expertos. Su procesamiento a través del método Delphy," http://www.ub.edu/histodidactica/index.php?option=com_content&view=article&id=21:criterio-de-expertos-su-procesamiento-a-traves-del-metodo-delphy&catid=11:.

[8] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[9] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[10] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[11] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, "Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.

[12] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[13] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[14] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[15] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[16] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, *La Neutrosofía como herramienta para abordar la vaguedad lingüística en el análisis de textos de dilemas etico*: Infinite Study, 2024.

[17] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[18] M. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and F. Smarandache, *Enhancing set-theoretic research methods with neutrosophic sets*: Infinite Study, 2024.

[19] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[20] J. P. Ramos-Carpio, O. J. A. Machado, J. E. Ricardo, and A. B. M. Vasquez, "Assessing Higher Education's Role in Personality Formation Using NeutroAlgebra," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 71, pp. 50-57, 2024.

[21] J. E. Ricardo, A. J. Fernández, and M. Y. Vázquez, "Compensatory Fuzzy Logic with Single Valued Neutrosophic Numbers in the Analysis of University Strategic Management," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 18, no. 4, 2022.

[22] R. R. Yager, and D. P. Filev, "Induced ordered weighted averaging operators," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics),* vol. 29, no. 2, pp. 141-150, 1999.

[23] L. Jin, R. Mesiar, and R. Yager, "Ordered weighted averaging aggregation on convex poset," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems,* vol. 27, no. 3, pp. 612-617, 2019.

[24] M. Y. L. Vázquez, N. B. Hernández, J. E. Ricardo, and J. F. G. García, "Aplicación de análisis de sentimientos y enfoques neutrosóficos para la comprensión de información textual en la investigación," *Revista Conrado,* vol. 19, no. 94, pp. 294-300, 2023.

[25] O. H. Almahmoud, B. Baniodeh, R. Musleh, S. Asmar, M. Zyada, and H. Qattousah, "Overview of adolescent idiopathic scoliosis and associated factors: a scoping review," *International Journal of Adolescent Medicine and Health,* vol. 35, no. 6, pp. 437-441, 2023.

[26] H. Zhang, Y. Fan, S. Ni, and G. Pi, "The preliminary outcomes of vertebral body tethering in treating adolescent idiopathic scoliosis: A systematic review," *Spine Deformity,* vol. 10, no. 6, pp. 1233-1243, 2022.

[27] T. Pehlivanoglu, I. Oltulu, E. Ofluoglu, E. Sarioglu, G. Altun, M. Korkmaz, K. Yildirim, and M. Aydogan, "Thoracoscopic vertebral body tethering for adolescent idiopathic scoliosis: a minimum of 2 years' results of 21 patients," *Journal of Pediatric Orthopaedics,* vol. 40, no. 10, pp. 575-580, 2020.

[28] M. J. Yang, A. F. Samdani, J. M. Pahys, A. Quinonez, M. McGarry, H. Grewal, and S. W. Hwang, "What happens after a vertebral body tether break? Incidence, location, and progression with five-year follow-up," *Spine,* vol. 48, no. 11, pp. 742-747, 2023.

[29] A. Baroncini, P. D. Trobisch, and F. Migliorini, "Learning curve for vertebral body tethering: analysis on 90 consecutive patients," *Spine Deformity,* vol. 9, pp. 141-147, 2021.

[30] L. A. Cuddihy, M. D. Antonacci, K. S. Vig, A. K. Hussain, D. Leven, and R. R. Betz, "Progressive double major scoliotic curve with concurrent lumbosacral spondylolisthesis in a skeletally immature patient with Marfan syndrome treated with anterior scoliosis correction," *Spine Deformity,* vol. 8, pp. 139-146, 2020.

[31] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[32] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[33] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[34] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[35] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[36] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[37] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 17, 2025. Aceptado: marzo 07, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método nuetrosófico multicriterio para el diangóstico de la fenilcetonuria

Multi-criteria nuetrosophic method for the diagnosis of phenylketonuria

Samantha de los Ángeles Vásquez Barberán[1], Gabriela Liseth Vaca Altamirano[2], and Irvin Ricardo Tubón Usca[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. oa.samanthadvb75@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.gabrielavaca@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.irvintubon@uniandes.edu.ec

Resumen. La fenilcetonuria (PKU) es una enfermedad genética poco común que resulta de mutaciones en el gen PAH, lo que interfiere con el metabolismo de la fenilalanina. La falta de la enzima fenilalanina hidroxilasa lleva a una acumulación de fenilalanina en el organismo, lo que puede causar daños irreversibles, incluyendo retraso mental y trastornos neurológicos si no se trata adecuadamente. La detección temprana es fundamental para evitar estos efectos negativos, y el tratamiento incluye modificaciones dietéticas y el uso de fórmulas bajas en fenilalanina. Una atención médica oportuna es clave para lograr un manejo efectivo y mejorar la calidad de vida de los afectados. La presente investigación tiene como objetivo implementar un método neutrosófico multicriterio para el diagnóstico de la fenilcetonuria. Como resultado se pudo evidencias que la fenilcetonuria es una enfermedad genética rara que afecta el metabolismo de la fenilalanina. La detección temprana y el tratamiento, que implica cambios dietéticos, son fundamentales para prevenir daños neurológicos irreversibles y mejorar la calidad de vida.

Palabras Claves: método neutrosófico multicriterio, identificación de la fenilcetonuria.

Abstract. Phenylketonuria (PKU) is a rare genetic disease resulting from mutations in the PAH gene, which interfere with phenylalanine metabolism. The lack of the phenylalanine hydroxylase enzyme leads to an accumulation of phenylalanine in the body, which can cause irreversible damage, including mental retardation and neurological disorders if not treated properly. Early detection is essential to avoid these negative effects, and treatment includes dietary modifications and the use of low-phenylalanine formulas. Timely medical care is key to effective management and improving the quality of life of those affected. The present research aims to implement a multicriteria neutrosophic method for the diagnosis of phenylketonuria. As a result, it was possible to show that phenylketonuria is a rare genetic disease that affects phenylalanine metabolism. Early detection and treatment, which involves dietary changes, are essential to prevent irreversible neurological damage and improve quality of life.

Keywords: multicriteria neutrosophic method, identification of phenylketonuria.

1 Introducción

La fenilcetonuria (PKU) es una enfermedad genética hereditária poco común que impacta el metabolismo del aminoácido fenilalanina, causada por mutaciones en el gen responsable de producir la enzima fenilalanina hidroxilasa (PAH). Esta enzima es fundamental para convertir la fenilalanina en tirosina, otro aminoácido esencial. En caso de que haya una deficiencia en esta enzima, la fenilalanina se acumula en el organismo, lo que eleva sus niveles en el torrente sanguíneo y puede provocar daños irreversibles en múltiples órganos.

Desde un enfoque clínico, la PKU puede dar lugar a diversas complicaciones, incluyendo retraso mental y trastornos neurológicos, que pueden desarrollarse en discapacidades intelectuales significativas si no se recibe tratamiento. Por tanto, la detección temprana de la enfermedad se vuelve crucial. Identificar la PKU a tiempo permite implementar intervenciones que pueden prevenir la aparición de estos efectos adversos. Un tratamiento oportuno y continuo puede ser decisivo para evitar discapacidades intelectuales y otros problemas graves de salud.

El diagnóstico se lleva a cabo a través de pruebas genéticas y análisis de sangre que miden los niveles de fenilalanina, además de otros exámenes diferenciales que ayudan a confirmar la condición.

El tratamiento esencial para la PKU se basa en cambios dietéticos que restringen los alimentos ricos en fenilalanina. Esto implica eliminar prácticamente todos los productos de origen animal, como carne, leche y derivados, huevos, pollo y embutidos, así como ciertos vegetales y cereales. También es frecuente la administración de fórmulas especiales bajas en fenilalanina, diseñadas para asegurar un aporte nutricional adecuado sin elevar los niveles de este aminoácido en el organismo.

La atención médica oportuna y el seguimiento continuo son vitales para el manejo efectivo de la enfermedad y para mejorar la calidad de vida de los pacientes. Además de ser una condición genética rara, la fenilcetonuria (PKU) nos impulsa a reflexionar sobre el impacto que los genes y las enzimas tienen en nuestra existencia y cómo una comprensión más profunda de estas interacciones puede transformar la vida de quienes padecen trastornos metabólicos.

1.1 Preliminares

La fenilcetonuria (PKU) es el trastorno congénito más común en el metabolismo de aminoácidos y se caracteriza por la incapacidad del organismo para metabolizar la fenilalanina, un aminoácido que se encuentra en las proteínas de muchos alimentos. Esta condición es resultado de la deficiencia de la enzima fenilalanina hidroxilasa (PAH), que en condiciones normales cataliza la conversión de fenilalanina (Phe) en tirosina (Tyr). En las personas que padecen PKU, la concentración de Phe en la sangre se eleva, lo que puede llevar a niveles tóxicos en el cerebro. Si no se trata, la PKU provoca retraso mental irreversible, microcefalia, convulsiones y otros síntomas neurológicos debido al daño que el exceso de fenilalanina causa en las células cerebrales, interfiriendo con su funcionamiento normal [1].

En cuanto a su epidemiología, la prevalencia global de la fenilcetonuria se estima en aproximadamente 1 de cada 24,000 recién nacidos. Sin embargo, esta cifra puede variar significativamente según la región geográfica y la etnia. Generalmente, la PKU es más prevalente entre las poblaciones blancas o del este asiático, con tasas que oscilan entre 1 en 10,000 y 15,000 nacimientos. En Europa, la prevalencia muestra una amplia variación: en Italia se reporta una tasa de 1 en 2,700, mientras que en Finlandia, la cifra es inferior a 1 en 100,000. Asimismo, en algunas áreas del Oriente Medio, la prevalencia puede ser comparable o incluso superior a la de las poblaciones blancas o del este asiático, lo que se puede relacionar con una mayor incidencia de matrimonios consanguíneos. Por otro lado, en ciertas poblaciones asiáticas, como en Tailandia y Japón, la prevalencia es considerablemente menor, alcanzando cifras de 1 en 212,535 y 1 en 120,000, respectivamente. En América del Sur, la PKU se presenta en una proporción de 1 en 25,000 a 50,000 nacimientos vivos, siendo más prevalente en la parte sur del continente en comparación con la parte norte. Existen pocas estadísticas de prevalencia en algunas regiones de África, Asia y el Caribe, y en general, la PKU parece ser menos frecuente en personas de ascendencia africana o del sur de Asia [2,43].

En Ecuador, el Ministerio de Salud Pública ha reportado que entre 2014 y 2021 se identificaron alrededor de 154 casos de fenilcetonuria clásica, lo que indica una prevalencia relativamente baja en el país. La provincia de Pichincha ha registrado el mayor número de casos, con un total de 28, seguida de Guayas, que ha diagnosticado 25 casos durante el mismo período. Esta información refleja la importancia de la detección temprana y el seguimiento adecuado de la enfermedad para asegurar un manejo efectivo y mejorar la calidad de vida de los afectados [3].

Etiología Genética

La fenilcetonuria (PKU) es una aminoacidopatía de herencia autosómica recesiva que se produce por la ausencia de la enzima fenilalanina hidroxilasa (PAH) en el hígado. Esta condición surge principalmente de variantes patogénicas en el gen PAH, ubicado en el cromosoma 12 en la posición 12q23, lo que da lugar a una producción de PAH con actividad reducida o nula, o incluso a la falta total de esta proteína. En algunos casos menos comunes, la deficiencia de la PAH puede estar relacionada con la insuficiencia de tetrahidrobiopterina (BH4) [4]. Muchos pacientes presentan genotipos compuestos heterocigotos, dando como resultado más de 2,600 variantes genéticas asociadas con la PKU. Aproximadamente el 58.3% de estas variantes corresponden a sustituciones de aminoácidos de sentido erróneo, mientras que las mutaciones menos frecuentes incluyen variantes de cambio de marco (13.9%), variantes de empalme (13.1%), variantes sin sentido (6.9%) y sustituciones sinónimas (4.9%). Además, el 17.9% de las variantes patogénicas se localizan en intrones o en regiones no traducidas del gen PAH [5].

Fisiopatología

La fisiopatología de la fenilcetonuria está principalmente vinculada a la deficiencia de la enzima fenilalanina hidroxilasa (PAH), que es responsable de convertir la fenilalanina en tirosina. Esta ausencia de PAH provoca que la fenilalanina se acumule, especialmente en la sangre y el cerebro, lo que genera efectos perjudiciales. El incremento en los niveles de fenilalanina en la sangre lleva a la formación de metabolitos tóxicos que pueden afectar gravemente el sistema nervioso central. Además, la alta concentración de fenilalanina dificulta la síntesis de neurotransmisores como la dopamina y la serotonina, alterando así la comunicación neuronal [6,44].

Para entender mejor este proceso, es importante considerar el metabolismo de la fenilalanina. Este proceso inicia con la acción de la fenilalanina hidroxilasa (PAH), que cataliza la conversión de L-fenilalanina (Phe) a L-tirosina (Tyr), principalmente en el hígado y en menor medida en los túbulos renales proximales. La reacción requiere el cofactor tetrahidrobiopterina (BH4), que se oxida a dihidrobiopterina quinonoide (qBH2) durante la hidroxilación [7]. El qBH2 es reciclado enzimáticamente a BH4, lo que permite que la conversión de Phe continúe. En individuos con variantes patogénicas recesivas en el gen PAH, la actividad enzimática de PAH puede estar ausente o severamente reducida. Dado que alrededor del 90% de la fenilalanina dietética debe metabolizarse por esta vía, la deficiencia de PAH provoca una acumulación de Phe en el organismo, resultando en elevaciones críticas en sus concentraciones en sangre (hiperfenilalaninemia o HPA). Este aumento también se refleja en los niveles urinarios de fenilalanina y sus derivados, como el fenilacetato y el fenilactato. Además, los niveles de tirosina en la sangre se encuentran disminuidos en comparación con individuos con actividad normal de PAH, pero la hipotirosinemia generalmente no es severa debido a la ingesta dietética de tirosina. La HPA tiene propiedades neurotóxicas, produciendo hipomielinización y gliosis en la sustancia gris del cerebro, junto con leucodistrofia y retrasos en el desarrollo de la corteza cerebral.

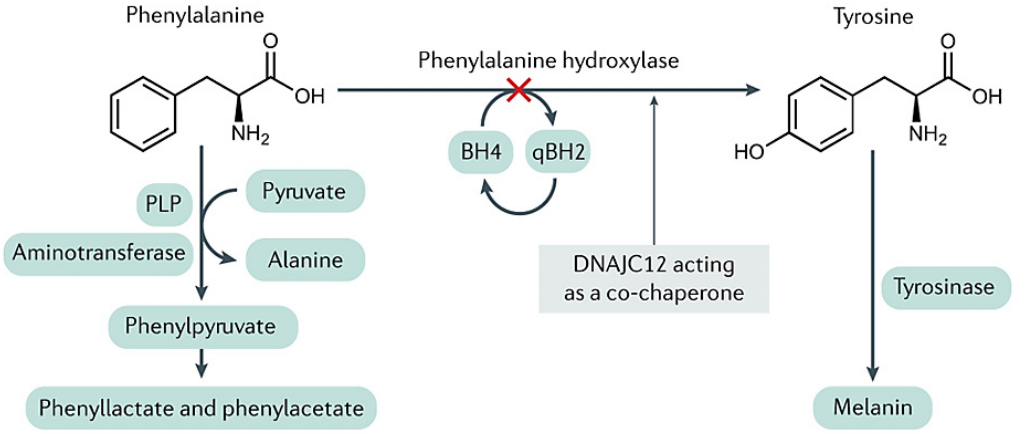


Figura 1. Metabolismo de la fenilalanina y la PKU.
Fuente: Van Sprosen

Tipos de Fenilcetonuria (PKU)

La fenilcetonuria (PKU) se clasifica según la actividad residual de la enzima fenilalanina hidroxilasa, lo que determina su expresión clínica. La fenilcetonuria clásica presenta una actividad enzimática inferior al 1%. Esta forma se manifiesta cuando los niveles de fenilalanina en sangre superan los 20 mg/100 ml, acompañada de un aumento de fenilcetonas en la orina, y puede llevar a un retraso mental progresivo y severo. En la hiperfenilalaninemia moderada, la actividad residual de la enzima se sitúa entre el 1% y el 5%; su tratamiento también requiere una restricción dietética de fenilalanina [8,45]. Por último, la hiperfenilalaninemia benigna se caracteriza por una actividad enzimática superior al 5%, con niveles de fenilalanina en sangre por debajo de 10 mg/100 ml, quienes no requieren una dieta restrictiva en las etapas iniciales. A pesar de las variaciones en la actividad enzimática, en todas las formas de la enfermedad se produce una acumulación de fenilalanina en sangre (HPA) que se excreta en la orina junto con ácidos derivados, como fenilpirúvico, fenilacético y fenil-láctico, los cuales son tóxicos para el cerebro y reducen los niveles de neurotransmisores derivados de la tirosina.

Manifestaciones Clínicas

Las manifestaciones clínicas de la PKU pueden cambiar a lo largo del tiempo y varían en cada individuo. Al nacer, los niños con fenilcetonuria no tratada parecen saludables, pero entre los 3 y 6 meses comienzan a mostrar desinterés por su entorno. Para el primer año, es común observar retrasos en el desarrollo y un tono de piel menos pigmentado que el de los bebés sin la afección. Si los pacientes no siguen una dieta restringida en fenilalanina, pueden desarrollar discapacidades intelectuales y del desarrollo severas, que se manifiestan en síntomas como problemas de comportamiento, convulsiones, crecimiento lento, erupciones cutáneas como eczema, microcefalia y un olor característico en la orina, el aliento o la piel debido a la acumulación de fenilalanina [9,46]. Además, pueden presentar piel clara y ojos azules, resultado de la incapacidad para convertir la fenilalanina en melanina.

A medida que avanza la enfermedad y si el tratamiento es insuficiente, los adultos con PKU pueden experimentar complicaciones clínicas, que incluyen espasticidad en las extremidades inferiores, ataxia cerebelosa, temblores, encefalopatía y alteraciones visuales. Se han documentado casos de demencia en pacientes que comenzaron

a mostrar síntomas en la adultez, así como dificultades cognitivas relacionadas con problemas de atención y memoria. También pueden manifestarse trastornos emocionales, como depresión o ansiedad. Es importante reconocer que los síntomas varían según cada individuo y dependen del control metabólico y la adherencia a la dieta baja en fenilalanina. Con un diagnóstico temprano y un manejo adecuado, muchos de estos síntomas pueden prevenirse o controlarse, mostrando cómo las manifestaciones clínicas de la PKU pueden diferir entre etapas de la vida. En la infancia, los síntomas tienden a incluir retrasos en el desarrollo y convulsiones, mientras que en la edad adulta, las dificultades cognitivas y emocionales son más prominentes.

Métodos de Diagnóstico

La fenilcetonuria (PKU) se detecta mediante varios métodos de diagnóstico. Uno de los más utilizados es la prueba de tamizaje neonatal, también conocida como prueba del talón, que se realiza entre las 24 y 48 horas después del nacimiento. Se toma una muestra de sangre del talón del bebé, la cual se analiza en laboratorio para medir los niveles de fenilalanina en sangre. Si se han detectado niveles elevados, se procede a realizar una prueba de carga de fenilalanina, en la que se administra una cantidad controlada de fenilalanina y se miden los niveles en sangre en intervalos específicos. Si los niveles permanecen altos, esto confirma el diagnóstico de PKU.

Adicionalmente, se pueden llevar a cabo pruebas genéticas para verificar el diagnóstico de PKU. Esto implica extraer una muestra de ADN, amplificar el gen responsable (PAH) mediante PCR y secuenciar el ADN para identificar posibles mutaciones, comparando los resultados con una secuencia de referencia. También se realizan pruebas específicas para descartar otras condiciones metabólicas con síntomas similares, evaluando los niveles de aminoácidos en sangre y orina [10,47].

Importancia de la Atención Temprana

La PKU requiere un control dietético riguroso y monitorización constante de los niveles de fenilalanina en sangre. Un diagnóstico tardío puede provocar complicaciones graves, tales como trastornos neurológicos, retrasos en el desarrollo y problemas de comportamiento. La falta de tratamiento nutricional puede llevar a una rápida recurrencia de los síntomas. Por ello, el cribado neonatal se considera esencial en países con programas de salud pública, permitiendo la detección temprana de la PKU en recién nacidos y el inicio inmediato del tratamiento adecuado. Esto ayuda a prevenir complicaciones a largo plazo y garantiza una mejor calidad de vida. Además, se subraya la importancia de la educación nutricional y del apoyo psicopedagógico para afrontar los retos asociados con la enfermedad [11].

Tratamiento

El tratamiento de la PKU implica la restricción de fenilalanina en la dieta a lo largo de toda la vida. Dado que todas las proteínas naturales contienen alrededor del 4% de fenilalanina, el enfoque principal incluye:

Restricción de la ingesta de proteínas naturales: Esto depende de la cantidad de fenilalanina necesaria para la síntesis de proteínas y de la gravedad de la deficiencia de PAH.

Suplementación con mezclas de aminoácidos sin fenilalanina: Para compensar la reducción en el consumo de proteínas, se utilizan sustitutos que brindan una mezcla de aminoácidos sin fenilalanina y enriquecidos con tirosina. Los glicomacropéptidos (GMP), como una mejora en sabor y saciedad, son cada vez más recomendados.

Alimentos bajos en proteínas: Productos a base de carbohidratos y grasas que sustituyen a los alimentos básicos, imprescindibles para proporcionar energía, permitiendo que los pacientes mantengan un perfil alimenticio más similar a la normalidad [12].

Varios productos sin fenilalanina están disponibles, como PKU Anamix para lactantes y diferentes fórmulas para niños y adultos. Es fundamental controlar regularmente los niveles de fenilalanina en sangre, manteniendo valores objetivos específicos para garantizar una buena salud. La planificación dietética también debe iniciarse en mujeres en edad fértil antes de embarazarse para asegurar un pronóstico positivo para el bebé, y la suplementación de tirosina se recomienda debido a su importancia en la dieta de los pacientes con PKU.

Terapias Emergentes

Las terapias emergentes para la PKU incluyen enfoques como la terapia génica, que busca introducir un gen funcional de PAH en el hígado utilizando vectores virales, y la terapia de enzimas, que investiga la modificación de la PAH mediante proteínas de fusión. Sin embargo, el reto de las múltiples inyecciones complica su aplicación práctica. También se está estudiando el uso de probióticos, como Lactococcus lactis, para el tratamiento de la PKU, aunque su eficacia y supervivencia en el tracto gastrointestinal necesitan mejoras [13].

Tratamiento Farmacológico

La FDA ha aprobado sapropterina (Kuvan), un medicamento que se utiliza como complemento de la dieta específica, aunque no es efectivo para todos los pacientes. Además, pegvaliase-pqpz (Palynziq) ha sido autorizado para adultos que no respondan a tratamientos convencionales, aunque su uso está limitado a programas restrictivos debido a posibles efectos secundarios graves.

Prevención

Las personas con fenilcetonuria (PKU) que planean un embarazo deben seguir una dieta baja en fenilalanina. Esto les permite prevenir posibles daños al feto al mantener un control estricto de su ingesta nutricional antes de concebir. Además, es recomendable utilizar suplementos nutricionales específicos para asegurar una adecuada ingesta de proteínas y nutrientes durante el embarazo [14].

Es aconsejable también buscar asesoría genética para quienes tienen PKU, tienen familiares cercanos con la enfermedad o han tenido hijos afectados. Un genetista puede proporcionar información sobre la herencia de la PKU en la familia, ayudar a evaluar el riesgo de transmitir la condición a un hijo y ofrecer apoyo en la planificación familiar.

2 Diseño del método nuetrosófico multicriterio para el diagnóstico de la fenilcetonuria

Para determinar el diagnóstico de la fenilcetonuria se utilizó un método que basa su funcionamiento mediante números neutrosóficos para modelar la incertidumbre [15, 16]. Basa su funcionamiento a partir de técnicas multicriterio, donde se modelan los indicadores para el diagnóstico de la fenilcetonuria [17]. El método utiliza para la inferencia la Ponderación Lineal Neutrosófica. Está diseñado mediante una estructura de tres actividades que en su conjunto determina la evaluación.

Actividad 1: Identificación los criterios evaluativos.

Representa el conjunto de criterios que se evalúan para el diagnóstico de la fenilcetonuria. El conjunto de criterios representan un parámetro de entrada del método propuesto, se sustenta mediante un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\},\ \mathrm{n} \geq 2$, que representan los criterios evaluativos.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios.

El proceso de determinación de los pesos, representa la actividad que determinar los vectores de pesos asociados a los criterios. Representa un parámetro para el proceso de inferencia. Se basa en un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\},\ m \geq 2$, donde E, representa los expertos que determinan los vectores de pesos asociados a los criterios.

Actividad 3: Evaluación de los criterios sobre los criterios para el diagnóstico de la fenilcetonuria.

La actividad representa el procesamiento del método de inferencia para el diagnóstico de la fenilcetonuria. El procesamiento de los datos se realiza mediante la ponderación lineal neutrosófica [18], [19], [20], [21] que constituye un método multicriterio [22-24]. La Ponderación Lineal Neutrosófica representa una alternativa a los métodos multicriterios clásicos [25-27]. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 1.

$$R_i = \sum_j W_j \, r_{ij} \tag{1}$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto m de alternativas y *n* criterios [28-30]. Para cada criterio *j* el decisor estima cada alternativa *i*. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio[31] [32], [33]. Se asigna un peso $W_j (j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j.

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [16, 34]. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica. Un número neutrosófico (N) se representa de la siguiente forma [35-38]:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\} n$, una evaluación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia *p* se tiene [39-41]:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{2}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 3.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)} \, r_{ij(T,I,F)} \tag{3}$$

Donde:

$R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

$W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_{j.}$ asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

$r_{ij:}$ representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

3 Resultados y discusión

A continuación se realiza una descripción de la corrida por etapa del método neutrosófico multicriterio para el diagnóstico de la fenilcetonuria.

Actividad 1: Identificación los criterios evaluativos.

Para llevar a cabo el diagnóstico de la fenilcetonuria, se convocó a un panel de siete expertos con diversas cualidades y competencias técnicas. Este grupo incluye especialistas en el área del conocimiento en que se enmarca la investigación. Los expertos destacan por su experiencia, su capacidad para identificar sesgos en los datos y su conocimiento en metodologías de evaluación de sistemas complejos. Los criterios de inclusión para seleccionar a estos expertos fueron: tener al menos cinco años de experiencia en investigación, contar con publicaciones relevantes en revistas académicas sobre el tema; y poseer habilidades probadas en la identificación y mitigación de sesgos. La tabla 2 muestra los criterios resultantes.

Tabla 1: Criterios evaluativos.

No	Criterios evaluativos	Descripción
C_1	Prueba de Tamizaje Neonatal	Realización de la prueba de tamizaje en infantes, generalmente a partir de una muestra de sangre del talón, que mide los niveles de fenilalanina. Un resultado elevado en esta prueba es el primer indicio de PKU.
C_2	Prueba de Carga de Fenilalanina	Después de detectar niveles elevados de fenilalanina en el tamizaje neonatal, se realiza una prueba de carga, donde se administra una cantidad controlada de fenilalanina y se miden los niveles en sangre en intervalos específicos. Niveles persistentemente elevados tras la carga ayudan a confirmar el diagnóstico.
C_3	Pruebas Genéticas	Identificación de mutaciones en el gen PAH (fenilalanina hidroxilasa) mediante análisis de ADN. Esta prueba confirma la incapacidad del cuerpo para descomponer la fenilalanina y establece la predisposición genética a la PKU.
C_4	Evaluación Clínica y Diagnóstico Diferencial	Evaluación de los síntomas clínicos, como retraso en el desarrollo, problemas de comportamiento y trastornos neurológicos, que pueden estar asociados con la PKU. Además, se deben realizar pruebas para descartar otras condiciones metabólicas que puedan presentar síntomas similares.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios

La actividad emplea un enfoque multiexperto para la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios evaluativos. La actividad representa la base para el procesamiento de las inferencias. La tabla 2 muestra el resultado de los vectores de pesos atribuidos a los criterios.

Tabla 2: Pesos asociados a los criterios para el diagnóstico de la fenilcetonuria.

Criterios evaluativos	Pesos neutrosófico asociados
C_1	(0.9, 0.1, 0.1)
C_2	(1,0,0)
C_3	(1,0,0)
C_4	(0.9, 0.1, 0.1)

Actividad 3: Evaluación de los criterios evaluativos.

Para obtener los resultados a partir de los métodos propuestos se hace uso de la Neutrosofía y en particular de la escala lingüística, S, $v_{kj} \in S$, donde; $S=\{s_1,\ldots,s_g\}$, es el conjunto de término lingüísticos definidos para evaluar las características c_k utilizando los números Neutrosóficos de Valor Único (SVN), para el análisis de los términos lingüísticos resultantes. La escala de términos lingüísticos a utilizar se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Escala de términos lingüísticos.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

Basado en los resultados obtenidos, se utiliza la Neutrosofía para el diagnóstico de la fenilcetonuria, se realizó un test en Canva. El análisis se realiza a partir de la escala de términos lingüísticos y los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Tabla para determinar preferencia para el diagnóstico de la fenilcetonuria.

Criterios evaluativos	Etiqueta Lingüística	Valor Neutrosófico
C_1	Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_2	Muy buena (MB)	(1,0,0)
C_3	Medianamente mala (MDM)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	Mala (MA)	(0.8,0,15,0.20)

A partir de la Ponderación Lineal Neutrosófica propuesta para el método, se realiza la evaluación para el diagnóstico de la fenilcetonuria. La tabla 5 nuestra los datos y el resultado del procesamiento a partir del cálculo de la ecuación 3.

Tabla 5: Resultados del procesamiento.

Criterios	Valor neutrosófico de preferencia	Vector de peso neutrosófico	Cálculo
C_1	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_2	(1,0,0)	(1,0,0)	(1,0,0)
C_3	(0.9, 0.1, 0.1)	(1,0,0)	(0.95, 0.1, 0.1)
C_4	(0.8,0,15,0.20)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.85,0,15,0.20)
Inferencia			(0.92, 0.1, 0.1)

A partir de la inferencia obtenida se concluye que el análisis para el diagnóstico de la fenilcetonuria, se encuentra valorada para el caso objeto de estudio con un índice de 0.92.

4 Discusiones

Es crucial señalar que la fenilcetonuria (PKU) es una enfermedad genética rara, provocada por mutaciones en el gen que codifica la enzima fenilalanina hidroxilasa (PAH). La falta o deficiencia de esta enzima resulta en la acumulación de fenilalanina, lo cual puede tener serias repercusiones en el desarrollo neurológico y cognitivo. Adicionalmente, la insuficiencia de la enzima tetrahidrobiopterina (BH4) también puede desempeñar un papel en esta condición, ya que la BH4 es un cofactor necesario para la PAH. En ciertos casos, la deficiencia de BH4 disminuye la actividad de la PAH, lo que lleva a un aumento de fenilalanina en el cuerpo.

Diversos estudios epidemiológicos han evidenciado diferencias en la prevalencia de la PKU entre distintas poblaciones y regiones geográficas. La frecuencia de esta enfermedad es notablemente mayor en grupos de población blanca o de origen del este asiático. En este contexto, Vieira [8] ha subrayado la importancia de considerar factores étnicos y geográficos al analizar la prevalencia de la PKU.

Desde el punto de vista genético, las variantes patogénicas en el gen PAH representan la causa principal de la

enfermedad, las cuales se heredan de forma autosómica recesiva. Esto conlleva a la producción de enzimas con actividad reducida o ausente. La diversidad de genotipos conocidos refleja la complejidad genética de la PKU, que incluye múltiples sustituciones de aminoácidos y otras variantes, contribuyendo a la heterogeneidad de la enfermedad. Además, como discuten García et al., [5]la fisiopatología de la PKU se centra en la deficiencia de la enzima PAH, que normalmente cataliza la conversión de fenilalanina en tirosina. La acumulación de fenilalanina, particularmente en el cerebro, ocasiona efectos negativos en el sistema nervioso central, afectando la síntesis de neurotransmisores como la dopamina y la serotonina, con consecuencias significativas para la función cerebral.

La expresión clínica de la PKU presenta variabilidad y se clasifica en fenilcetonuria clásica, hiperfenilalaninemia moderada e hiperfenilalaninemia benigna. Cada tipo muestra diferentes niveles de actividad residual de la enzima, lo que se traduce en distintas severidades de los síntomas. Esta clasificación es respaldada por Labarthe, quien ha estudiado las manifestaciones de la enfermedad en variados grupos de pacientes.

En lo que respecta a los métodos de diagnóstico, es evidente la importancia de la detección temprana a través de pruebas genéticas y análisis de sangre. En particular, la prueba de tamizaje neonatal se ha consolidado como una herramienta clave para la identificación precoz de la PKU. También se utilizan la prueba de carga de fenilalanina y pruebas genéticas para confirmar el diagnóstico y diferenciarlo de otras condiciones similares.

El tratamiento de la PKU se enfoca en modificaciones dietéticas que restringen el consumo de alimentos ricos en fenilalanina. Investigaciones como las de Ilgaz et al. [42] han examinado diversos enfoques dietarios y la efectividad de la suplementación con fórmulas bajas en fenilalanina. Es fundamental destacar que la atención médica oportuna y el seguimiento continuo son esenciales para un manejo efectivo de la enfermedad. Además, están surgiendo terapias innovadoras, como la terapia génica y tratamientos enzimáticos, como posibles alternativas para el tratamiento de la PKU. Aunque estas técnicas se encuentran en fases de investigación, su potencial para superar las limitaciones de los enfoques dietéticos tradicionales es prometedor. [48,49]

En conjunto, se ofrece una visión integral de la fenilcetonuria, integrando las aportaciones y perspectivas de diversos autores. La colaboración de estos expertos ha profundizado la comprensión sobre la epidemiología, genética, fisiopatología, expresión clínica, diagnóstico y tratamiento de esta enfermedad genética, abriendo nuevas posibilidades terapéuticas y destacando la relevancia de la detección precoz y el manejo adecuado de la PKU.

5 Conclusión

A partir del análisis realizado, se concluye que la fenilcetonuria (PKU) constituye un reto considerable en el ámbito de las enfermedades genéticas, impactando el metabolismo de la fenilalanina y provocando diversas manifestaciones clínicas. La identificación precoz de esta condición a través de pruebas genéticas y análisis de sangre resulta fundamental para implementar intervenciones que prevengan daños irreversibles, especialmente en el desarrollo neurológico de los afectados. La prevalencia de la PKU presenta variaciones significativas entre diferentes regiones y grupos étnicos, lo que subraya la necesidad de un enfoque individualizado en su manejo.

La atención médica oportuna y el seguimiento continuo son factores cruciales para una gestión efectiva de la fenilcetonuria. Las estrategias de tratamiento se centran en la restricción dietética de alimentos ricos en fenilalanina, así como en la incorporación de suplementos nutricionales especiales que ayudan a mantener un adecuado equilibrio. Esto implica una educación nutricional exhaustiva para los pacientes y sus familias, complementada con apoyo psicopedagógico, lo cual es esencial para asegurar el cumplimiento del tratamiento y mejorar la calidad de vida de quienes padecen esta enfermedad.

A pesar de los avances logrados en las áreas de diagnóstico y tratamiento de la PKU, sigue existiendo la necesidad de realizar investigaciones adicionales y mejorar las terapias emergentes. Estas innovaciones son vitales para afrontar este trastorno genético de manera más efectiva y garantizar que las personas afectadas puedan llevar una vida saludable y plena. La optimización de la calidad de vida en los pacientes depende no solo de la gestión médica, sino también del desarrollo continuo de nuevas estrategias terapéuticas que se adapten a sus necesidades cambiantes.

Referencias

[1] F. J. van Spronsen, N. Blau, C. Harding, A. Burlina, N. Longo, and A. M. Bosch, "Phenylketonuria," *Nature reviews Disease primers,* vol. 7, no. 1, pp. 36, 2021.

[2] A. Konopka, Z. Szczepaniak, N. Wdowiak, D. Ziółkowska, K. Adamska, and K. Lissak, "Phenylketonuria: A Comprehensive Review of Pathophysiology, Diagnosis, and Management Strategies," *Quality in Sport,* vol. 18, pp. 53878-53878, 2024.

[3] R. E. Enacán, M. N. Miñana, L. Fernandez, M. G. Valle, M. Salerno, C. I. Fraga, F. Santos-Simarro, L. Prieto, P. Lapunzina, and N. Specola, "Phenylalanine hydroxylase (PAH) genotyping in PKU argentine patients," *Journal of Inborn Errors of Metabolism and Screening,* vol. 7, pp. e20190012, 2019.

[4] I. V. D. Schwartz, A. A. Quesada, E. M. Ribeiro, A. M. Martins, D. R. F. Vilela, and A. Pessoa, "Neuropsychological and quality of life outcomes in PKU patients: expert recommendations of assessment tools in Brazil," *Arquivos de Neuro-Psiquiatria,* vol. 81, no. 7, pp. 685-695, 2023.

[5] N. García-Restrepo, M. L. Londoño, and R. Muriel-Ramírez, "Deficiencia de fenilalanina hidroxilasa: Espectro clínico y estado actual del diagnóstico en Colombia," *Biosalud,* vol. 17, no. 1, pp. 49-64, 2018.

[6] A. van Wegberg, R. Evers, J. Burgerhof, E. van Dam, M. Heiner-Fokkema, M. Janssen, M. de Vries, and F. van Spronsen, "Effect of BH4 on blood phenylalanine and tyrosine variations in patients with phenylketonuria," *Molecular genetics and metabolism,* vol. 133, no. 1, pp. 49-55, 2021.

[7] J. Campistol Plana, "Fenilcetonuria de diagnóstico precoz: Bases fisiopatológicas del daño neuronal y opciones terapéuticas," *MEDICINA (Buenos Aires),* vol. 79, pp. 2-5, 2019.

[8] E. Vieira, H. d. S. Maia Filho, C. B. Monteiro, L. M. Carvalho, T. Tonon, A. P. Vanz, I. V. D. Schwartz, and M. G. Ribeiro, "Quality of life and adherence to treatment in early-treated Brazilian phenylketonuria pediatric patients," *Brazilian Journal of Medical and Biological Research,* vol. 51, no. 2, pp. e6709, 2018.

[9] D. Van Vliet, A. M. Van Wegberg, K. Ahring, M. Bik-Multanowski, N. Blau, F. D. Bulut, K. Casas, B. Didycz, M. Djordjevic, and A. Federico, "Can untreated PKU patients escape from intellectual disability? A systematic review," *Orphanet journal of rare diseases,* vol. 13, pp. 1-6, 2018.

[10] L. Páramo-Rodríguez, C. Cavero-Carbonell, S. Guardiola-Vilarroig, A. López-Maside, M. E. G. Sanjuán, and Ó. Zurriaga, "Demora diagnóstica en enfermedades raras: entre el miedo y la resiliencia," *Gaceta Sanitaria,* vol. 37, pp. 102272, 2023.

[11] A. C. Bernal, and H. Eiroa, "Fenilcetonuria de diagnostico tardio," *Salud (i) Ciencia,* vol. 22, no. 6, pp. 518-524, 2017.

[12] T. R. Mezzomo, M. R. M. G. Dias, T. Santos, and R. M. Pereira, "Dietary intake in individuals with phenylketonuria: an integrative review," *Nutrición Hospitalaria,* vol. 41, no. 1, 2024.

[13] G. A. Montoya Parra, R. H. Singh, A. Cetinyurek-Yavuz, M. Kuhn, and A. MacDonald, "Status of nutrients important in brain function in phenylketonuria: a systematic review and meta-analysis," *Orphanet journal of rare diseases,* vol. 13, pp. 1-16, 2018.

[14] C. S. Brown, and U. Lichter-Konecki, "Phenylketonuria (PKU): A problem solved?," *Molecular genetics and metabolism reports,* vol. 6, pp. 8-12, 2016.

[15] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[16] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[17] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[18] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[19] L. A. P. Florez, and Y. L. Rodríguez-Rojas, "Procedimiento de Evaluación y Selección de Proveedores Basado en el Proceso de Análisis Jerárquico y en un Modelo de Programación Lineal Entera Mixta," *Ingeniería,* vol. 23, no. 3, pp. 230-251, 2018.

[20] E. M. García Nové, "Nuevos problemas de agregación de rankings: Modelos y algoritmos," 2018.

[21] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, "Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference)," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

[22] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[23] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[24] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[25] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[26] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[27] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[28] M. Saqlain, M. Saeed, M. R. Ahmad, and F. Smarandache, *Generalization of TOPSIS for Neutrosophic Hypersoft set using Accuracy Function and its Application*: Infinite Study, 2019.

[29] N. ValcÃ, and M. Leyva-VÃ, "Validation of the pedagogical strategy for the formation of the competence entrepreneurship in high education through the use of neutrosophic logic and Iadov technique," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 23, pp. 45-51, 2018.

[30] C. M. Villamar, J. Suarez, L. D. L. Coloma, C. Vera, and M. Leyva, *Analysis of technological innovation contribution to gross domestic product based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers*: Infinite Study, 2019.

[31] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[32] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[33] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[34] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[35] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.

[36] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[37] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.

[38] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.

[39] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[40] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[41] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[42] F. Ilgaz, C. Marsaux, A. Pinto, R. Singh, C. Rohde, E. Karabulut, H. Gökmen-Özel, M. Kuhn, and A. MacDonald, "Protein substitute requirements of patients with phenylketonuria on BH4 treatment: A systematic review and meta-analysis," *Nutrients,* vol. 13, no. 3, pp. 1040, 2021.

[43] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[44] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[45] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[46] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[47] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[48] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[49] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 17, 2025. Aceptado: marzo 07, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método para la recomendación sobre los derechos de los menores víctimas de violencia sexual y la protección integral

Method for recommendation on the rights of minors who are victims of sexual violence and comprehensive protection

Jeannette Amparito Urrutia Guevara [1], Samantha Naomi Barreno Sailema [2], Lesly Gissela Tipanguano Chicaiza[3], and Niurka de los Ángeles Mejía Toscano [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.jeannetteurrutia@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. samanthabs58@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. leslytc71@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. niurkamt96@uniandes.edu.ec

Resumen. En la actualidad, se ha evidenciado un aumento de conductas antijurídicas relativas a la violencia sexual contra menores, manifestándose en un entorno tanto internacional como nacional. Estas conductas, muchas veces pasadas por alto, generan una percepción social distorsionada que oculta la gravedad de la problemática. En el marco de esta situación, la investigación propone desarrollar un método neutrosófico para la recomendación sobre los derechos de los menores víctimas de violencia sexual y su protección integral. Este enfoque busca no solo conceptualizar y tipificar la violencia sexual, entendida como el uso de la fuerza o manipulación para obtener actos sexuales sin consentimiento, sino también resaltar sus devastadoras consecuencias en la salud física y mental de las víctimas. Los efectos pueden ser tanto inmediatos como a largo plazo, afectando el bienestar integral y emocional de los menores, quienes, debido a la falta de información y apoyo, a menudo sienten miedo y desconfianza hacia las instancias judiciales. Esta carencia de reconocimiento y educación sobre sus derechos propicia que muchos casos queden sin denuncia, perpetuando su normalización en algunas comunidades. La investigación se enmarca en el ámbito de las ciencias del derecho penal y la psicología, con el objetivo de ofrecer un marco teórico que facilite la identificación y abordaje de esta problemática, promoviendo así un entorno más seguro y consciente sobre la protección de los derechos de los menores afectados.

Palabras Claves: método para la recomendación, números neutrosóficos, violencia sexual, menores de edad, bienestar integral.

Abstract. Currently, there has been evidence of an increase in unlawful conduct related to sexual violence against minors, manifesting itself in both an international and national environment. These conducts, often overlooked, generate a distorted social perception that hides the seriousness of the problem. Within the framework of this situation, the research proposes developing a neutrosophic method for recommendations on the rights of minors who are victims of sexual violence and their comprehensive protection. This approach seeks not only to conceptualize and classify sexual violence, understood as the use of force or manipulation to obtain sexual acts without consent, but also to highlight its devastating consequences on the physical and mental health of victims. The effects can be both immediate and long-term, affecting the integral and emotional well-being of minors, who, due to the lack of information and support, often feel fear and distrust towards the judicial authorities. This lack of recognition and education about their rights leads to many cases going unreported, perpetuating their normalization in some communities. The research is framed within the field of criminal law sciences and psychology, with the aim of offering a theoretical framework that facilitates the identification and approach to this problem, thus promoting a safer and more conscious environment regarding the protection of the rights of affected minors.

Keywords: recommendation method, neutrosophic numbers, sexual violence, minors, comprehensive well-being

1 Introducción

La violencia sexual a menores de edad es un problema no tan solo de índole social sino también abarca problemas de salud y vulneración de derechos que no solo persististe a nivel nacional sino en un ámbito internacional con consecuencias perjudiciales en la salud física y psicológica para las víctimas de violencia sexual, representándolo de esta manera como un fenómeno de vulneración de derechos fundamentales hacia los niños, niñas y adolescentes que transcendido de manera generalizada por el miedo a denunciar estas conductas antijurídicas hacia los menores de edad [1].

Pese a los esfuerzos y normativas jurídicas que ha ejecutado y puesto en práctica el Estado ecuatoriano para abordar esta problemática (que son temas relacionados con las ciencias del derecho y la psicología) no han podido mitigar el problema en su totalidad, en cambio, esta tasa ha incrementado de manera alarmante afectando los derechos e integridad de los menores víctimas de violencia sexual y provocando así un fallo en el sistema jurídico al no ejercer de manera correcta las normas y leyes estipuladas para combatir y eliminar este problema social que afecta la integridad y el bienestar de los menores a nivel mundial [2].

Según la Organización Mundial de la Salud, define a la violencia: como el uso intencional de la fuerza o el poder físico, de hecho o como amenaza, contra uno mismo, otra persona o un grupo o comunidad, que cause o tenga muchas probabilidades de causar lesiones, muerte, daños psicológicos, trastornos del desarrollo o privaciones [3]; partiendo de este concepto, encontrarle como tal una definición a la violencia sexual es complejo aun teniendo en cuenta la definición de violencia sexual de la OMS [4].

Por otro lado, en Ecuador el 21% de niños, niñas y adolescentes ha sufrido violencia sexual de los casos que han sido expuestos ante los órganos competentes de justicia pero existen casos en que el miedo que se ha implantado por parte de los agresores hacia las víctimas en el cual este factor no los permiten denunciarlos por el miedo a la represalias del agresor; o por razones como el ajuste económico que no les permite llevar un proceso contra este delito o simplemente y el otro factor y que es el más común dentro de las áreas rurales (si ese acto antijurídico ha sucintado dentro del núcleo familiar), no existen denuncias hacia los agresores, evitándoles de esta manera problemas al agresor y que no haya sancione hacia el mismo, vulnerando asi los derechos fundamentales, principios, garantías e integridad de los Niños,Niñas y Adolescentes (NNA) [5].

Por ende, los casos de violencia sexual contra menores de edad suelen ocurrir con frecuencia y de manera recurrente en áreas rurales debido a la falta de conocimiento de las normativas jurídicas que sancionan tales actos; el Código Orgánico Integral Penal, en su artículo 155, define la violencia como cualquier acción que implique maltrato físico, psicológico o sexual hacia un miembro del núcleo familiar [6]. Estos actos, que suelen ser repetitivos a menudo debido a la falta de denuncia ante las autoridades competentes por la normalización de la violencia sexual en el entorno familiar, resulta en una vulneración de los derechos de los menores y omite su bienestar integral, incumpliendo lo que establece el Principio del Interés Superior del Niño.

El presente trabajo, enfoca su desarrollo investigativo en abordar la violencia sexual en los NNA de las zonas rurales ya sea por medio del núcleo familiar o por terceros, especificando el por qué esta situación de crecimiento de estos actos antijurídicos y la generalización de los mismos, buscando de esta manera demostrar la falta de eficacia del sistema jurídico respecto a los derechos de información sobre temas sexuales que puedan prevenir al menor pasar esta situación de violencia sexual y conceptualizando el miedo de denunciarlo. De igual manera, demostrar cuales son los motivos o razones por las cuales las víctimas de violencia sexual no denuncian estos actos de violencia sexual hacia los NNA. Con este enfoque de investigación, se definió como objetivo desarrollar un método para la recomendación sobre los derechos de los menores víctimas de violencia sexual y la protección integral en Ecuador. [38,39]

2 Materiales y métodos

A partir del análisis antes expuesto, es posible modelar el fenómeno recomendación sobre los derechos de los menores víctimas de violencia sexual y la protección integral como un problema de toma de decisión multicriterio [7]. Formalmente se representa como:

- Un conjunto de alternativas que representan los casos de menores víctimas objeto de análisis $A = \{A_1, \dots A_n\},\ n \geq 2$ que se encuentran caracterizados por:
- Un conjunto de criterios que caracterizan cada uno de los casos y la protección integral que se dio a cada caso $C = \{C_1, \dots C_m\},\ m \geq 2$;

2.1 Métodos multicriterio para la recomendación sobre los derechos de los menores víctimas de violencia sexual y la protección integral

Los problemas de toma de decisiones pueden ser clasificados según las variables que intervienen en el proceso. Se pueden clasificar mediante un ambiente monocriterio o multicriterio. Para un ambiente monocriterio existe una sola variable que determina el comportamiento sobre el procesamiento de las alternativas, por lo tanto existe una

implicación directa. Se cumple la condición que p→q, para todo valor que tome la variable objeto de estudio, el resultado implicará positiva o negativamente el valor del objetivo o alternativa [8-10].

Los operadores de agregación representan un método de inferencia en el que sus funciones matemáticas son utilizadas en los procesos de toma de decisiones [11, 12] y combinan valores (x, y) en un dominio D y devuelven un valor único.

Dentro de los principales operadores para la agregación de información se encuentra la media aritmética y media ponderada [8-10], tal como se define a continuación:

Definición 1. Un operador WA tiene asociado un vector de pesos V, con $v_i \in [0,1]$ y $\sum_1^n v_i = 1$, expresado de la siguiente forma:

$$WA(a_1, .., a_n) = \sum_{i=1}^{n} v_i a_i \quad (1)$$

Donde v_i representa la importancia de la fuente a_i.

Un operador de agregación de información Media Ponderada Ordenada (OWA por sus siglas en Inglés), propuesto por [13, 14] permite unificar los criterios clásicos de decisión de incertidumbre en una expresión.

2.2 Números Neutrosóficos de Valor Único

La neutrosofía consiste en la representación de la neutralidad, fue propuesta por Smarandache [15]. Representa las bases para una serie de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [16, 17]. La definición original de valor de verdad en la lógica neutrosófica es mostrado a continuación [18]:

Definición 2: Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0,1]\}cn$, una valuación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene:

$$v(p) = (T, I, F) \quad (2)$$

Con el propósito facilitar la aplicación práctica a problema de toma de decisiones y de la ingeniería se realizó la propuesta de los conjuntos Neutrosóficos de Valor Único (SVN) [19] los cuales permiten el empleo de variables lingüísticas [20] lo que aumenta la interpretabilidad en los modelos de recomendación y el empleo de la indeterminación [21, 22].

Sea X un universo de discurso. Un SVN sobre X es un objeto de la forma.

$$A = \{\langle x, u_A(x), r_A(x), v_A(x)\rangle : x \in X\} \quad (3)$$

Donde $u_A(x): X \rightarrow [0,1]$, $r_A(x),: X \rightarrow [0,1]$ y $v_A(x): X \rightarrow [0,1]$ con $0 \leq u_A(x) + r_A(x) + v_A(x) :\leq 3$ para todo $x \in X$. El intervalo $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$ denotan las membrecías a verdadero, indeterminado y falso de x en A, respectivamente. Por cuestiones de conveniencia un número SVN será expresado como $A = (a, b, c)$, donde a, b, $c \in [0,1]$, y $+ b + c \leq 3$

3 Diseño del método propuesto

En la presente sección se describe el funcionamiento del método para la recomendación sobre los derechos de los menores víctimas de violencia sexual y la protección integral. Se presentan las características generales que facilitan la comprensión de la propuesta.

El método neutrosófico está diseñado para gestionar el flujo de trabajo del proceso de inferencia en general, realiza tres subprocesos: entrada, procesamiento y salida de información. La Figura 1 muestra un esquema que ilustra el funcionamiento general del método.

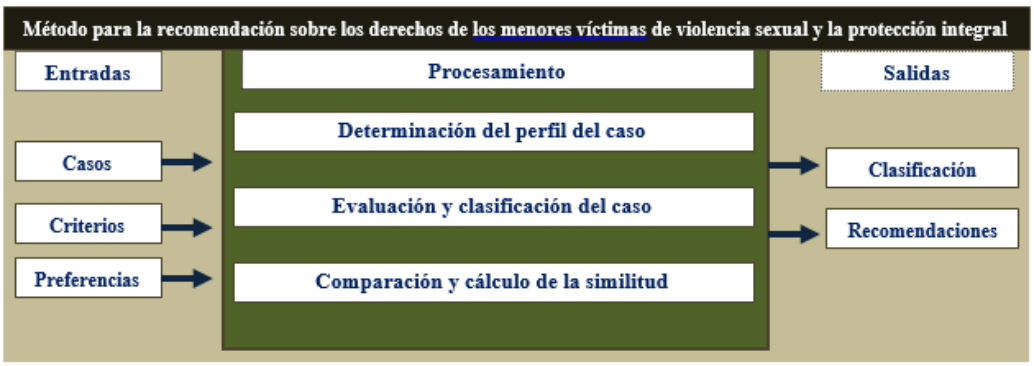


Figura 1: Esquema general del funcionamiento del método.

3.1 Descripción de las etapas del método

Etapa 1: La entrada de información permite la introducción de los diferentes datos que son necesarios en el proceso de toma de decisiones. Los datos representan la principal fuente de información a ser utilizada en la etapa de procesamiento.

Etapa 2: El procesamiento de información representa la capacidad del método para ejecutar cálculos matemáticos a partir de un método de inferencia utilizado que ejecuta una secuencia de operaciones. El procesamiento es la característica que permite la transformación de datos almacenados en información organizada con un objetivo específico.

Etapa 3: La salida de información garantiza la representación del resultado generado a partir del procesamiento realizado. Permite devolver el comportamiento de las alternativas a partir del proceso de inferencia realizado mediante las variables objeto de estudio.

3.2 Flujo de trabajo del método

El flujo de trabajo describe la interacción de las diferentes entidades que intervienen en el método, garantiza la representación de términos lingüísticos y la indeterminación mediante números SVN. El flujo de trabajo está compuesto por cuatro actividades: (i) Identificación de los criterios que caracterizan cada caso; (ii) Determinación del perfil del caso; (iii) Evaluación y clasificación del caso; (iv) Comparación y cálculo de la similitud. Una vez realizado este procesamiento, se generan las recomendaciones. Estas actividades soportan el proceso de toma de decisiones del método [17, 23, 24, 40]. A continuación se describe cada una de ellas:

Identificación de los criterios: los criterios son el conjunto de características que describen los casos de violencia sexual a menores y la protección integral que se ejerció en cada caso. Estos criterios representan la base de indicadores evaluativos sobre el cual se conforma el perfil del caso C_i.

Determinación del perfil del caso de violencia sexual contra menores: el perfil del caso se obtiene de forma directa mediante criterios de expertos.

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \tag{4}$$

Las valoraciones de las características de violencia sexual contra menores a_j, serán expresadas utilizando la escala lingüística S, $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de términos lingüísticos definidos para evaluar la característica c_k utilizando los números SVN. La descripción de las características está asociada al conjunto de casos procesados que representan las alternativas del proceso [25, 26].

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \tag{5}$$

Evaluación y clasificación: para la clasificación de los casos de menores víctimas de violencia sexual y la protección integral, realizada mediante números SVN [27, 28], se tiene:

Definición 3: Sea $A^* = (A_1^*, A_2^*, .., A_n^*)$ un vector de números SVN, tal que:

$A_j^* = (a_j^*, b_j^*, c_j^*)$, j=(1,2, … , n),

$B_i = (B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im})$ (i = 1,2, … , m), sean m vectores de n SVN números.

tal que y $B_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$($i$ = 1,2, … , m), (j = 1,2, … , n) entonces la distancia euclidiana es definida como. Las B_i y A^* resulta [28]:

$$d_i = \left(\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}\left\{\left(\left|a_{ij}-a_j^*\right|\right)^2+\left(\left|b_{ij}-b_j^*\right|\right)^2+\left(\left|c_{ij}-c_j^*\right|\right)^2\right\}\right)^{\frac{1}{2}} \tag{6}$$

(i = 1,2, … , m)

A partir de esta distancia euclidiana se puede definir una medida de similitud [29], [30]. En la medida en que la alternativa se A_i se encuentra más semejante al perfil del caso (s_i) mejor será esta, permitiendo establecer un orden entre alternativas [31-33]. La obtención de las preferencias de las alternativas se hace a partir de la evaluación que se obtiene del comportamiento de los indicadores donde:

$$\boldsymbol{A}_i\left[F_{a_j}\right] = \left[Pre_y\right] \tag{10}$$

Para cada alternativa A que posee un perfil F_{a_j} se le hace corresponder un conjunto de preferencias Pre_y que una sobre el comportamiento del caso de violencia sexual contra menores y las acciones de protección integral asumidas, donde:

$[Pre_y]$: es el arreglo resultante como preferencia de las alternativas respecto a un conjunto de indicadores $Pre \in \mathbb{N}, [0,1]$. El valor de Pre_y.

Para el proceso de inferencia sobre la recomendación de los derechos de los menores víctimas de violencia sexual y la protección integral, se parte de:

$$\boldsymbol{A}_i = \left[Pre_y, W_z\right] \tag{11}$$

Donde:
Pre_y: representa el conjunto de preferencia sobre $\boldsymbol{A}_i$.
W_z : representa el vector de peso referido por $_z$.

El proceso de evaluación se realiza mediante el método multicriterio WA. El conjunto de recomendaciones están asociadas al resultado obtenido en la evaluación a partir del cual es calculada la similitud entre el perfil del caso objeto de análisis y los casos atendidos anteriormente, y que forman parte de la base de conocimientos. Este resultado es ordenado de acuerdo a la similitud obtenida. La mejor evaluación será aquella que mejor satisfaga las necesidades del perfil con mayor similitud.

4 Resultados y discusión

LA propuesta se centra en el desarrollo de un método integral para la recomendación sobre los derechos de los menores víctimas de violencia sexual, así como la protección que se les debe proporcionar. Se ha implementado en el barrio El Tablón, situado en la parroquia de Huachi Grande, en la provincia de Tungurahua, Ecuador, donde se han documentado casos de violencia sexual contra menores de edad.

La esencia del método radica en la recopilación cuidadosa de información relacionada con cada caso. Para estructurar esta información, se han definido siete criterios que permiten caracterizar las situaciones en función de la protección integral que se ha ejercido y si se han salvaguardado los derechos de los menores. Estos criterios abordan aspectos como la naturaleza del abuso, la respuesta institucional, el apoyo psicológico brindado, la efectividad de las medidas de protección, la situación familiar del menor, la disposición del menor a participar en el proceso y el seguimiento post-intervención. [41]

Al recibir un nuevo caso, un especialista proporciona la evaluación a estos criterios y asigna una puntuación o perfil basado en sus observaciones. Luego, se compara este perfil con los casos previamente almacenados en una base de datos. La similitud de perfiles es crucial, ya que permite al sistema identificar y recomendar casos anteriores que presenten características similares. De esta forma, el especialista puede revisar los casos recomendados, lo que le proporciona una referencia valiosa para tomar decisiones informadas y adecuadas. Este enfoque no solo promueve una respuesta más efectiva frente a cada caso, sino que también aboga por un marco de protección integral que prioriza los derechos de los menores afectados y busca evitar futuros incidentes de violencia.

Para aplicar del método multicriterio WA, se estructuran los criterios evaluativos del problema y las alternativas objeto de estudio. A partir del comportamiento de los indicadores se obtienen las preferencias para evaluar las alternativas y realizar el proceso de clasificación. Los expertos expresan la valoración de los criterios mediante la valoración neutrosófica. Los atributos se formulan en la escala lingüística presentada en la Tabla 1, sustituyendo sus términos lingüísticos equivalentes.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [28].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

El problema es modelado mediante el conjunto de casos de violencia sexual contra menores, que representan las alternativas tal como se refiere a continuación:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$$

Que son descritos por el conjunto de atributos que representan los criterios evaluativos para la recomendación en la clasificación.

$$C = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7\}$$

Donde:

c_1 Naturaleza del abuso: Este criterio se refiere a la tipología del acto de violencia sexual ocurrido (abuso físico, explotación sexual, violencia psicológica…). Proporciona una visión general de la gravedad del caso.

c_2 Respuesta institucional: Evalúa la efectividad y adecuación de la respuesta de las instituciones encargadas de manejar el caso, incluyendo la policía, servicios sociales y el sistema judicial. Este criterio determina si la intervención fue oportuna y adecuada.

c_3 Apoyo psicológico ofrecido: Analiza la calidad y disponibilidad de apoyo psicológico o emocional brindado al menor. Este aspecto es crucial para la recuperación y bienestar del menor tras el trauma.

c_4 Medidas de protección implementadas: Se refiere a las acciones específicas tomadas para proteger al menor, como medidas de seguridad personal, órdenes de restricción, o su reubicación. Determina si se tomaron acciones efectivas para garantizar la seguridad del menor.

c_5 Situación familiar: Considera el contexto familiar del menor, incluyendo el ambiente de hogar y el impacto de la violencia en la dinámica familiar. Este criterio ayuda a entender la capacidad de la familia para proteger al menor y proporcionar apoyo.

c_6 Disposición del menor a participar: Evalúa la voluntad y capacidad del menor para involucrarse en el proceso judicial o en intervenciones terapéuticas. Esto es fundamental, ya que la participación activa puede influir en el éxito del proceso de recuperación.

c_7 Seguimiento post-intervención: Examina si hubo un seguimiento adecuado después de las intervenciones iniciales, asegurando que el menor continúe recibiendo apoyo y que se respeten sus derechos a largo plazo.

El panel de expertos que participó en el proceso estuvo compuesto por profesionales de diversas disciplinas que aportaron sus conocimientos y experiencia en el ámbito de la protección infantil y la atención a víctimas de violencia sexual. Este equipo multidisciplinario incluyó psicólogos especializados en trauma infantil, trabajadores sociales, abogados con experiencia en derechos de los menores, y profesionales de la salud. Cada miembro del panel colaboró de manera conjunta para establecer los criterios de evaluación, asegurando que cada aspecto del bienestar del menor fuera considerado. Su enfoque colaborativo garantizó que se tomaran decisiones informadas y fundamentadas, priorizando siempre los derechos y la protección de los menores afectados. La diversidad de perspectivas permitió enriquecer el análisis de cada caso, favoreciendo así un enfoque integral y holístico hacia la protección de los derechos de los niños en situaciones de vulnerabilidad. La Tabla 2 muestra la vista de datos utilizadas para el presente caso de estudio.

Tabla 2: Vista de datos de casos de violencia sexual contra menores.

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7
a_1	B	MMM	MD	MDM	MMM	MDB	MB
a_2	M	M	MD	M	MMM	B	MB
a_3	B	MMM	M	MDM	MDM	MDB	MMB
a_4	B	MMM	M	M	M	MMB	M

Si especialista u_e, desea recibir las recomendaciones del modelo para un caso nuevo, deberá proveer información al mismo expresando sus preferencias. En este caso:

$$P_e = \{\text{B}, \text{MMM}, \text{M}, \text{MDM}, \text{MDM}, \text{MDB}, \text{MMB}\}$$

El siguiente paso del ejemplo, es el cálculo de la similitud entre el perfil del caso reciente en análisis y los almacenados en la base de datos.

Tabla 3: Similitud entre el perfil en análisis y los perfiles almacenados de casos anteriores.

a_1	a_2	a_3	a_4
0.28	0.10	0.95	0.42

Para el proceso de generación de recomendaciones, se recomiendan aquellos que más se acerquen al perfil del caso de violencia sexual contra un menor objeto de análisis, posteriormente se realiza un ordenamiento de los perfiles.

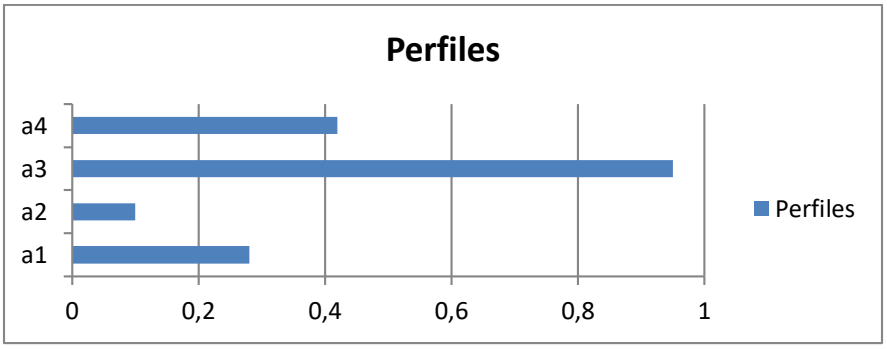


Figura 2: Ordenamiento de los perfiles.

A partir de esta comparación, los perfiles resultantes son expresados mediante el siguiente orden de prioridad.

$$\{a_3, a_4, a_2, a_1\}$$

El modelo propuesto recomendará los dos casos más cercanos. Las recomendaciones están formadas por:

$$a_3, a_4$$

A partir del resultado, el perfil que más se asemeja al caso actual que es analizado es a_3.

4 Análisis de los resultados

En el presente investigación después de analizar varios conceptos de violencia sexual hacia los NNA, se puede conceptualizar de la siguiente manera: La violencia sexual hacia menores de edad es todo acto cometió por terceras personas en contra de su voluntad sean de manera física o verbal o de manera conjugada hacia el NNA y el mismo se ve afectado de manera física y psicológica en su vida cotidiana y que dicho acto de violencia sexual tiene como consecuencia graves secuelas a futuro posterior de haberse cometido este acto [34]. El hecho de que un NNA, viva una situación de violencia sexual en su vida sea por terceras personas o por individuos que conforman en núcleo familiar desencadena varias conductas que suelen relacionarse con la psicológica y desatar problemas mentales como ansiedad, depresión, actitudes agresivas o incluso comportamiento suicidas si hablamos en el entorno de la salud metal pero si hablamos de violencia sexual física teniendo problemas de cefaleas, lesiones físicas: como hematomas subcutáneas, intramusculares y periósticas, ETS, ITS, dolores pélvicos entre otras afecciones contra la salud que desencadena estos actos antijurídicos que son perjudiciales ante los NNA [35,42].

El análisis de los casos reveló una alarmante serie de fallos en la protección de los menores víctimas de violencia sexual, que se tradujeron en vulneraciones significativas de sus derechos. En primer lugar, al revisar la tipología de los abusos reportados, se identificó una prevalencia de casos de violencia física y psicológica que dejaron profundas secuelas en las víctimas, evidenciando la gravedad de las situaciones sin que se implementaran medidas efectivas.

Asimismo, la respuesta de las instituciones encargadas de abordar estos casos se consideró insuficiente, con una falta de coordinación evidente entre la policía y los servicios sociales, lo que limitó la posibilidad de una intervención oportuna. Los tiempos de reacción prolongados permitieron que los abusadores permanecieran en contacto con sus víctimas, lo que agravó aún más el sufrimiento de los menores. Adicionalmente, el apoyo psicológico disponible fue escaso y poco accesible, lo que obstaculizó la recuperación y bienestar emocional de los afectados. Las intervenciones que se llevaron a cabo a menudo carecieron de un enfoque adaptado a las necesidades específicas de cada menor, lo que generó un profundo desamparo y un impacto negativo en su proceso de sanación.

Las medidas de protección implementadas fueron prácticamente inexistentes, dejando a los menores expuestos a riesgos adicionales. En muchos casos, no se realizaron órdenes de restricción ni se consideró su reubicación en entornos más seguros, lo que evidencia una grave carencia en la aplicación de protocolos de seguridad.

En cuanto al contexto familiar, se observó que las dinámicas familiares eran extremadamente disfuncionales y que la familia en muchos casos no estaba en condiciones de ofrecer un apoyo efectivo. Esto resalta la necesidad de evaluar a fondo el entorno de cada menor antes de proceder y garantizar que sus necesidades sean atendidas de forma integral. La disposición de los menores a participar en los procesos judiciales fue desalentadora; muchos de ellos mostraron desconfianza hacia el sistema y no fueron adecuadamente motivados para participar, lo cual es fundamental para su recuperación y es un reflejo de la falta de empoderamiento que sufrieron. Lamentablemente, el seguimiento post-intervención fue ineficaz, con escasos esfuerzos para monitorear el bienestar de los menores después de que se cerraron los casos. Esto sugiere una ausencia de compromiso institucional para asegurar que los derechos de los menores sean respetados a largo plazo. Otras variables por las cuales no se denuncian los delitos de violencia sexual y actividades antijurídicas contra los NNA son las siguientes:

- Presión del entorno social y familiar.
- El silencio de la víctima por miedo a represalias del agresor o familia del agresor.
- La complejidad en el proceso de denuncia.
- Falta de apoyo de la familia y amistades.
- Por mantener en secreto la situación de violencia ante terceros
- Falta de apoyo de familiares y amigos.

Para abordar estas múltiples carencias, es esencial implementar un enfoque más robusto y coordinado que implique la capacitación de los profesionales en el sistema judicial, administrativo y social para que puedan responder de manera efectiva a las necesidades de los menores. Además, se deben crear protocolos claros de evaluación y seguimiento, así como fomentar un entorno en el que los menores se sientan seguros y apoyados para participar en los procesos. La creación de redes de apoyo que incluyan servicios de salud mental accesibles y la colaboración con organizaciones locales es crucial para asegurar el bienestar integral de los menores y proteger sus derechos en cada etapa del proceso [36,43].

Enmarcándonos en el contexto del marco legal, si bien es claro, el problema evidente es la falta de conocimiento de las normativas jurídicas vigentes respecto a la violencia sexual de menores y que el mismo no solo afecta al individuo teniendo un impacto perjudicial en su vida sino también a la sociedad en conjunto y al no existir rigidez y alta garantía de aplicación de las normas vigentes podemos llegar a un punto extremo de abuso sexual o incluso a infanticidio por la falta de denuncia de estas actividades o actos antijurídicos perjudiciales en la vida de los menores y por lo mismo se encuentra una falencia en el sistema jurídico al no priorizar la distribución en de información sobre cuáles son los derechos y en que situaciones se les está violentado para que tenga en claro que hacer si son víctimas o conocen a alguien que ha vivido violencia sexual sea en su familia o por terceros [37,44].

Se reconoce que en muchos casos de violencia sexual contra niños, niñas y adolescentes (NNA), estos suelen confiar en sus madres, padres u otros familiares para revelar los actos antijurídicos que han sufrido. Sin embargo, debido a creencias arraigadas o temores, es común que estos adultos no presenten denuncias formales, lo que resulta en impunidad para los agresores y en un daño significativo para la integridad de los NNA. Es crucial la difusión de información sobre las normativas jurídicas y las sanciones establecidas por el Código Orgánico Integral Penal (COIP) para los perpetradores de violencia sexual. Esto permitiría que los NNA estén informados sobre cómo proceder en caso de que la persona en la que confían se convierta en cómplice de este delito; de esta manera, se empoderaría a los NNA para buscar ayuda adecuada y tomar medidas jurídicas para protegerse a sí mismos y a otros que puedan estar en situación de riesgo.

Muchos de los casos de violencia sexual a menores de edad se dan dentro del núcleo familiar, pero ¿qué es el núcleo familiar? Conforme la Ley Contra La Violencia a La Mujer y a La Familia en su artículo 3 considera que son aquellos que contienen vínculos de consanguinidad de manera ascendiente o descendiente e incluso considerando a los ex convivientes de esta.

5 Conclusión

El Método para la recomendación sobre los derechos de los menores víctimas de violencia sexual y la protección integral se presenta como una herramienta fundamental para abordar de manera efectiva y sistemática las complejas necesidades de este grupo vulnerable. Al ofrecer un marco estructurado que permite la caracterización precisa de cada caso mediante criterios específicos, el método no solo facilita la identificación de la naturaleza y gravedad de los abusos, sino que también promueve una respuesta coordinada entre las diversas instituciones involucradas.

La capacidad de comparar casos y extraer lecciones aprendidas a partir de experiencias anteriores proporciona un enfoque basado en evidencias que puede mejorar significativamente la calidad de la intervención. Además, al fomentar la protección de los derechos de los menores y garantizar su bienestar a través de un acompañamiento psicológico adecuado y medidas de protección efectivas, el método contribuye a restaurar su dignidad y favorecer su recuperación.

Dentro de esta investigación se demostró las causas características y consecuencias de la violencia sexual hacia los Niños, Niñas y Adolescentes, y cómo afecta este afecta su desarrollo integral futuro. La falta de conocimiento de normativas en zonas rurales ha llevado a la violación de los derechos de los NNA, normalizando comportamientos violentos y afectando su bienestar integral. Los actos de violencia sexual tienen consecuencias graves en la integridad física y psicológica de los menores, impactando en su vida adulta.

Por consecuencia, se evidencia que la falta de conocimiento de la normativa vigente es la principal causa de la vulneración de los derechos de los niños en nuestro país. A pesar de que el Estado proporciona acceso a sus leyes y decisiones a través del Registro Oficial, muchos ciudadanos, especialmente en áreas rurales, no tienen acceso a esta información debido a la falta de tecnología y analfabetismo esto dificultando la difusión de información y normativas legales respecto con los derechos de los NNA, lo que destaca la necesidad de buscar otras formas de comunicación para educar a la población sobre sus derechos y deberes legales.

Por tal razón, es importante que el Estado implemente estrategias de difusión de información a las áreas rurales de Ecuador, como el Barrio el Tablón, además, las normativas deben adaptarse a la realidad y ser comunicadas de manera efectiva a través de charlas, perifoneo y capacitaciones. Esto permitirá que los ciudadanos comprendan y cumplan con las normas respecto a la protección de los NNA contra la violencia sexual infantil; de esta manera, convirtiendo el sistema jurídico en algo más dinámico y efectivo.

Referencias

[1] D. J. Zapata, and A. d. R. P. Delgado, "Consumo de alcohol y violencia intrafamiliar en adultos jóvenes," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 5, pp. 99-110, 2024.

[2] V. M. G. Gualpa, and I. Á. G. Gonzalez, "Resiliencia y habilidades sociales en adolescentes," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 7, no. 1, pp. 36-46, 2025.

[3] A. C. Alfaro, "Violencia en niños, niñas y adolescentes," *Revista Cubana de Medicina General Integral,* vol. 34, no. 4, pp. 137-148, 2018.

[4] J. C. Chimborazo, and M. C. V. Cepeda, "Conductas sobre sexting y ansiedad en adolescentes," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 4, pp. 270-282, 2024.

[5] M. E. M. Moreira, and A. D. Oviedo, "Niños, niñas y adolescentes expuestos a violencia familiar en la ciudad de Portoviejo, Manabí, Ecuador," *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional,* vol. 5, no. 8, pp. 1228-1239, 2020.

[6] C. O. I. Penal, "Código Orgánico Integral Penal," *Quito: Corporación de Estudios y Publicaciones, Legislación Conexa. Versión Profesional*, 2014.

[7] A. Grajales Quintero, E. Serrano Moya, and C. Hahan Von, "Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación," *Luna Azul,* vol. 36, no. 1, pp. 285-306, 2013.

[8] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[9] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[10] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[11] I. Grau, and R. Grau, "Aplicación de sistemas neuroborrosos a problemas de resistencia antiviral del VIH," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 6, no. 2, 2012.

[12] K. Pérez, "Modelo de proceso de logro de consenso en mapas cognitivos difusos para la toma de decisiones en grupo," Tesis Doctoral, Facultad 4, Universidad de las Ciencias Informáticas, 2014.

[13] R. Yager, "On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics,* vol. 18, no. 1, pp. 183-190, 1988.

[14] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[15] F. Smarandache, "A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic," *Philosophy*, pp. 1-141, 1999.

[16] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[17] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[18] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[19] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, "Single valued neutrosophic sets," *Review of the Air Force Academy*, no. 1, pp. 10, 2010.

[20] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[21] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[22] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[23] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[24] U. Endal, Y. Shen, A. Knut, Y. Gao, and M. Haapasalo, "A high-resolution computed tomographic study of changes in root canal isthmus area by instrumentation and root filling," *Journal of endodontics,* vol. 37, no. 2, pp. 223-227, 2011.

[25] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[26] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[27] J. Ye, "Single-valued neutrosophic minimum spanning tree and its clustering method," *Journal of intelligent Systems,* vol. 23, no. 3, pp. 311-324, 2014.

[28] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[29] K. Pérez-Teruel, M. Leyva-Vázquez, and V. Estrada-Sentí, "Mental models consensus process using fuzzy cognitive maps and computing with words," *Ingeniería y Universidad,* vol. 19, no. 1, pp. 173-188, 2015.

[30] M. Y. L. Vázquez, K. Y. P. Teurel, A. F. Estrada, and J. G. González, "Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingenieria y Universidad: Engineering for Development,* vol. 17, no. 2, pp. 375-390, 2013.

[31] A. Rodríguez, V. F. R. Castro, A. D. C. R. Gonzalez, N. A. C. Baque, and J. C. P. Tarragó, "Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en técnicas de minería de procesos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 7, pp. 136-155, 2021.

[32] A. Rodríguez, A. D. C. R. Gonzalez, J. C. P. Tarragó, and D. L. D. Gálvez, "Implementación de algoritmos de Inteligencia Artificial en la predicción de nuevos conocimientos mediante enseñanza constructivista," *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 3, pp. 131-141, 2021.

[33] A. Rodríguez, H. B. D. Lucas, C. J. Á. Mero, R. J. L. Pisco, and F. I. G. Castro, "Método computacional de recomendación sobre la evaluación del aprendizaje bajo el paradigma constructivista," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 15, no. 1, pp. 178-187, 2022.

[34] E. X. C. Martínez, and S. V. R. Castillo, "La eficacia de las medidas de protección en los casos de violencia intrafamiliar en Ecuador," *Revista de derecho,* vol. 6, no. 2, pp. 123-135, 2021.

[35] S. Vacacela Márquez, and A. Mideros Mora, "Identificación de los factores de riesgo de violencia de género en el Ecuador como base para una propuesta preventiva," *Desarrollo y Sociedad*, no. 91, pp. 111-142, 2022.

[36] G. AcurioHidalgo, M. Alfaro Matos, O. Andrade Salazar, and J. Beltrán Ayala, "Protección en los casos de violencia de los niños, niñas y adolescentes de Ecuador," *Conrado,* vol. 17, no. 83, pp. 357-360, 2021.

[37] B. Choquepuma Torbisco, "Tratamiento legislativo de la entrevista única en cámara Gesell en casos de violencia sexual de menor de edad: análisis comparado entre las legislaciones de Perú, Chile y Ecuador," 2024.

[38] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[39] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[40] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[41] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[42] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[43] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[44] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 17, 2025. Aceptado: marzo 07, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Métodos AHP y Topsis para la evaluación de obturación de fistula bucosinusal con injerto pediculado de bola adiposa de Bichat

AHP and Topsis methods for the evaluation of buccosinusal fistula obturation with pedicled adipose Bichat ball grafting

Mishell Stephany Núñez Hernández [1], Evelyn Nathaly Sánchez Rosero [2], and Javier Estuardo Sánchez Sánchez [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. oa.mishellsnh03@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. evelynnsr41@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.javiersanchez@uniandes.edu.ec

Resumen. La bola adiposa de Bichat se encuentra en el espacio bucal, entre los músculos masetero y buccinador. Este tejido adiposo es una excelente opción para rellenar fístulas bucosinusales grandes y recurrentes a otros tratamientos. Su volumen, vascularización y la versatilidad del colgajo la hacen bien tolerada y con menor tasa de complicaciones. La investigación tiene como objetivo desarrollar un método que combine el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y el método TOPSIS para evaluar la eficacia del injerto pediculado de la bola adiposa de Bichat en el cierre de fístulas bucosinusales. Varios estudios han reportado resultados positivos al utilizar este colgajo para cerrar comunicaciones bucosinusales y defectos óseos maxilares, destacando su simplicidad y buena tolerancia. La integración de AHP y TOPSIS permitirá realizar un análisis exhaustivo sobre la efectividad de la bola adiposa de Bichat en este tipo de cierre, así como sus beneficios y complicaciones, ofreciendo diversas alternativas para esta intervención.

Palabras Claves: AHP de Saaty y Topsis, números neutrosóficos, evaluación de obturación, fistula bucosinusal, injerto pediculado, bola adiposa de Bichat

Abstract. The Bichat fat ball is located in the buccal space, between the masseter and buccinator muscles. This adipose tissue is an excellent option to fill large oro-sinusal fistulas that are recurrent to other treatments. Its volume, vascularization and the versatility of the flap make it well tolerated and with a lower rate of complications. The research aims to develop a method that combines the Analytic Hierarchical Process (AHP) and the TOPSIS method to evaluate the efficacy of the pedicled graft of the Bichat fat ball in the closure of oro-sinusal fistulas. Several studies have reported positive results when using this flap to close oro-sinusal communications and maxillary bone defects, highlighting its simplicity and good tolerance. The integration of AHP and TOPSIS will allow for a comprehensive analysis of the effectiveness of the Bi-chat fat pad in this type of closure, as well as its benefits and complications, offering various alternatives for this intervention.

Keywords: Saaty and Topsis AHP, neutrosophic numbers, obturation evaluation, buccosinusal fistula, pedicled graft, Bichat fat ball

1 Introducción

Una comunicación bucosinusal es una afección patológica que se define por la conexión entre la cavidad bucal y el seno maxilar, causada por la pérdida de tejidos blandos (mucosa bucal y sinusal) y duros (dientes y hueso maxilar). Las causas más frecuentes de estas comunicaciones incluyen exodoncias, resección de quistes y tumores,

traumas e infecciones [1]. Según Punwutikorn, la extracción dental de molares superiores es la causa más común debido a la relación anatómica cercana entre sus raíces y el seno maxilar, donde el espesor óseo puede variar entre 1 y 7 mm. Von Bondsdorff señala que el segundo molar superior tiene la mayor proximidad al piso del seno, seguido por el primer y tercer molar. Aunque su incidencia es baja, es común encontrar comunicaciones bucosinusales (CBS) dada la frecuencia de extracciones dentales en esa área [2].

Por ello, es crucial que los odontólogos clínicos reconozcan los signos y síntomas de esta complicación, así como las consecuencias de no tratarla, buscando reducir el tiempo entre la aparición de la complicación y su intervención. Se utilizan procedimientos clínicos, como la maniobra de Valsalva complementada con análisis radiológicos, para abordar estas situaciones. La mayoría de las CBS agudas menores a 2 mm tienden a cerrarse espontáneamente sin intervención si no hay patología sinusal asociada [3].

El tratamiento para las fístulas orosinusal implica el cierre quirúrgico, que puede realizarse mediante colgajos locales (palatinos o vestibulares) o regionales (como la bola adiposa de Bichat, músculo temporal o lengua). La elección del método dependerá de la ubicación, tamaño de la fístula, y la calidad y cantidad de tejido disponible, así como del tratamiento quirúrgico previo recibido. Actualmente, los colgajos locales, injertos distantes, combinaciones de técnicas, e injertos pediculados de la bola adiposa de Bichat son las técnicas más empleadas para el cierre de estas fístulas [4].

Independientemente de la técnica seleccionada, se deben considerar tres principios fundamentales: el seno maxilar debe estar libre de infección y ser funcional; el cierre debe realizarse en dos planos, atendiendo a las diferencias histológicas de las cavidades; y el colgajo utilizado debe contar con una buena vascularización y estar libre de tensión.

El injerto pediculado de la bola adiposa de Bichat es una opción valiosa para el cierre de fístulas bucosinusales. Esta estructura redonda y biconvexa, con un excelente suministro sanguíneo de las arterias maxilar, temporal superficial y facial, permite su uso con bajo riesgo de necrosis. Su rica vascularización favorece el éxito del tratamiento, así como una rápida epitelización y cicatrización en un periodo de 2 a 3 semanas.

Para el cierre de fístulas bucosinusales, el empleo de la bola adiposa de Bichat ha demostrado ser un método eficaz y confiable, ya que permite abordar una variedad de lesiones, desde fístulas hasta defectos quirúrgicos tras resecciones tumorales. Desde el primer informe de Egydi en 1977 sobre su uso en reconstrucciones bucales, se ha documentado su eficacia en el cierre de comunicaciones bucosinusales, con un enfoque quirúrgico sencillo y una alta tasa de éxito y mínimas complicaciones postoperatorias [5,37].

El seno maxilar, una cavidad neumática ubicada en el hueso maxilar superior, se comunique con las fosas nasales a través del ostium maxilar y presenta una estructura piramidal en su forma. Su irrigación proviene de varias arterias, y su drenaje venoso y linfático se realiza a través de una red compleja. La inervación del seno es proporcionada por el nervio maxilar y el sistema trigémino-simpático, y la etiología de las CBS puede clasificarse en causas iatrogénicas, traumáticas u otras patológicas [6].

La bola adiposa de Bichat se presenta como un colgajo de relleno confiable y efectivo, gracias a su vascularización y volumen, lo que presenta altos índices de éxito. Este método es sencillo de implementar y bien tolerado, mostrando menos complicaciones que otras técnicas descritas. Es esencial considerar este recurso anatómico como una alternativa quirúrgica viable para el cierre de comunicaciones bucosinusales extensas, especialmente en tejidos fibróticos [6]. Adicionalmente, la bola adiposa de Bichat puede ser utilizada en otras rehabilitaciones tras intervenciones quirúrgicas por tumores benignos o malignos, en defectos congénitos como fisuras maxilares, y en tratamientos quirúrg.

1.1 Preliminares

Técnicas para el cierre de comunicaciones bucosinusales

Existen diversas técnicas documentadas para el cierre de comunicaciones bucosinusales. Es esencial que el cirujano evalúe el tamaño de la lesión, la presencia de infección y la duración de la comunicación para seleccionar el tratamiento más adecuado. La bola adiposa de Bichat (BAB) está rodeada por una fina cápsula en toda su extensión, y es crucial mantener la integridad de esta cápsula durante su extracción para evitar edema, síntomas adversos y disminución de la vascularización, lo que podría llevar a necrosis o infección y, en consecuencia, al fracaso del procedimiento. En un estudio con 161 pacientes tratados con injertos pediculados de BAB para fístulas bucosinusales (FBS), se reportó un índice de éxito del 98%, gracias a un manejo adecuado de los tejidos y al rico suministro sanguíneo del injerto. Se observó que el reemplazo de tejido adiposo por epitelio estratificado no queratinizado ocurre entre 3 y 4 semanas después de la intervención. Aunque la técnica recomendada sugiere evitar el recubrimiento total del injerto para no disminuir la profundidad del surco yugal, en un caso particular se optó por este recubrimiento debido a la falta de colaboración del paciente y su deficiente higiene bucal, junto con antecedentes de tabaquismo [7,38].

El injerto pediculado de BAB ha demostrado ser eficaz en el cierre de FBS de gran diámetro sin afectar la rehabilitación protética, siempre que se sigan los principios quirúrgicos adecuados y se manejen cuidadosamente

los tejidos blandos. Es fundamental abordar cualquier condición preexistente en el seno maxilar que pueda comprometer el proceso de cicatrización antes de realizar el procedimiento quirúrgico.

En 1992, Zoran Stajcic describió la técnica quirúrgica y las indicaciones y contraindicaciones del uso de la bola adiposa de Bichat para cerrar comunicaciones bucosinusales tras una exodoncia. Para Stajcic, el colgajo vestibular de avance recto es la técnica preferida en casos de comunicación bucosinusal, aunque el uso de la bola adiposa se considera una opción válida cuando el periostio alveolar bucal o palatal está comprometido, ya que presenta un alto porcentaje de éxito [8].

Hoy en día, el colgajo de la bola adiposa de Bichat se utiliza principalmente para tratar comunicaciones bucosinusales en molares secundarios y terciarios, incluso logrando el cierre de defectos extensos de hasta 4 cm, gracias a su abundante tejido. Este colgajo también puede asociarse con el colgajo vestibular. La técnica tiene una baja tasa de complicaciones, posiblemente atribuible a la rica vascularización del tejido adiposo. Para asegurar resultados óptimos, es importante suturar el injerto correctamente y sin tensión, mantener una dieta blanda y utilizar enjuagues bucales hasta que el tejido esté completamente sano [9,39].

La bola adiposa de Bichat es una masa lobulada, cubierta por una fina cápsula, que se encuentra en la parte posterior del maxilar superior, entre las fibras del músculo buccinador. Sus funciones incluyen prevenir la presión negativa en los recién nacidos, separar los músculos de la masticación de las estructuras óseas, y proteger los paquetes neuromusculares. La irrigación de la bola adiposa proviene de las ramas bucales y profundas de la arteria maxilar, así como de la rama facial transversa de la arteria temporal superficial y otras ramas de la arteria facial.

Efectividad clínica de la técnica que utiliza la bola adiposa de Bichat

La efectividad clínica de la técnica que utiliza la bola adiposa de Bichat (BAB) se debe, en gran parte, a su abundante vascularización y la correcta sutura sin tensión, lo que contribuye a una baja tasa de complicaciones. La morbilidad postoperatoria asociada a este procedimiento es considerablemente menor en comparación con otras técnicas, como el colgajo palatino. Además, es importante mencionar que el colgajo de BAB puede ser empleado para corregir diversos defectos bucales, no solo en el cierre de fístulas y comunicaciones bucosinusales, sino también en la reconstrucción tras la resección de tumores, rehabilitación de pacientes desfigurados, correcciones estéticas faciales y recubrimientos para injertos en implantes [10].

En conclusión, la bola adiposa de Bichat es un colgajo de relleno valioso, caracterizado por su excelente vascularización, volumen y versatilidad, lo que la convierte en una opción confiable con altas tasas de éxito. La técnica ha demostrado ser sencilla, bien tolerada y con menos complicaciones que otros métodos previamente descritos. Se debe considerar este recurso anatómico como una alternativa eficaz para cerrar comunicaciones bucosinusales amplias con tejido cicatricial fibroso. Además, la BAB se utiliza en rehabilitaciones tras intervenciones quirúrgicas por tumores benignos o malignos, en defectos congénitos como fisuras maxilares y en tratamientos quirúrgicos para disfunciones de la articulación temporomandibular (ATM).

Una comunicación bucosinusal (CBS) se define como una perforación patológica del seno maxilar que conecta este con la cavidad bucal, resultado de la pérdida de tejidos blandos (mucosa bucal y sinusal) y tejidos duros (dientes y hueso maxilar). Esta condición es una complicación de la extracción dental que facilita la contaminación microbiana desde la boca hacia el seno maxilar. El seno maxilar es una cavidad neumática situada en el hueso maxilar superior, que se comunica con las fosas nasales a través del ostium maxilar. Su forma piramidal incluye una base o pared interna, pared superior u orbitaria, pared anterior o yugal, cara posterior o ptérigo-maxilar y un vértice externo.

La mucosa del seno maxilar tiene un epitelio respiratorio con un corion más grueso en la pared nasal. Su irrigación proviene de ramas de las arterias facial, maxilar interna, infraorbitaria, esfeno palatina y palatina mayor. El drenaje venoso se realiza a través de la vena facial en la parte anterior y las venas esfeno palatinas hacia el plexo pterigoideo en la parte posterior, así como la circulación venosa endocraneal del seno frontal y las células etmoidales. El drenaje linfático ocurre hacia los ganglios submandibulares.

La ventaja del enfoque descrito en este trabajo radica en la facilidad con la que se accede a la porción bucal de la bola adiposa de Bichat, ofreciendo una mejora significativa en la apariencia facial. Entre las complicaciones que pueden surgir se incluye la infección del lecho quirúrgico capsular, que, al tener un pobre aporte vascular, dificulta la llegada de células de defensa, resultando en infecciones complejas y de evolución lenta. Otra complicación común es el sangrado, que puede llevar a la formación de hematomas y fibrosis, comprometiendo la estética de los pacientes al reemplazar el volumen del tejido adiposo.

Hoy en día, la bola adiposa de Bichat no solo se utiliza con fines estéticos, sino que también ha demostrado su eficacia como colgajo para cerrar fístulas nasoalveolopalatinas y para rellenar ciertos defectos, evitando prácticas como la lipotransferencia, dada la naturaleza fibrosa de dicha grasa y su riesgo de contaminación por microorganismos de la cavidad oral.

Las opciones quirúrgicas más frecuentes para el cierre de estas fístulas incluyen el colgajo vestibular, el colgajo palatino y el colgajo de la bola adiposa de Bichat. La cirugía es el tratamiento de elección para los carcinomas epidermoides bucales, y muchas de las técnicas quirúrgicas dejan áreas expuestas que requieren reconstrucción. La bola adiposa de Bichat se destaca como una alternativa efectiva para cerrar defectos palatinos tras resecciones quirúrgicas [11,40].

La etiología de las communications bucosinusales es variada, y puede clasificarse en causas iatrogénicas, traumáticas o asociadas a otras patologías. Las causas iatrogénicas pueden surgir de intervenciones quirúrgicas por odontólogos o cirujanos maxilofaciales, como la extracción de dientes cercanos al seno maxilar, intervenciones sobre dientes incluidos, inserción de raíces en el seno maxilar, exéresis de lesiones tumorales, o colocación de implantes dentales. Las causas traumáticas incluyen lesiones por fuerzas externas, como fracturas alvéolo-dentarias y del tercio medio facial que afectan al seno maxilar, así como perforaciones del paladar por prótesis. Las causas asociadas a otras patologías abarcan anomalías del desarrollo, enfermedades infecciosas, patologías quísticas o tumorales, así como enfermedades óseas que pueden causar fístulas bucoantrales [12]. La bola adiposa de Bichat se epitelializa en un periodo aproximado de tres a cuatro semanas.

2 Proceso Analítico Jerárquico

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP), desarrollado por Thomas Saaty en 1980[13], es uno de los métodos más reconocidos y utilizados para abordar problemas de toma de decisiones multicriterio. Este enfoque permite descomponer un problema complejo en una jerarquía de elementos interrelacionados, facilitando así su análisis estructurado. En la parte superior de esta jerarquía se sitúa el objetivo general que se busca alcanzar, mientras que en el nivel más bajo se encuentra las diversas alternativas entre las cuales se debe seleccionar la opción más adecuada. Los niveles intermedios están compuestos por criterios y atributos que se consideran relevantes para la decisión en cuestión [14], [15], [16].

El AHP es aplicable en una amplia variedad de contextos que abarcan factores técnicos, económicos, políticos, sociales y culturales. Su principal ventaja radica en su capacidad para manejar aspectos que son difícilmente cuantificables, proporcionando una forma científica de evaluar variables que no siempre se pueden medir de manera directa, pero que son fundamentales para la toma de decisiones. Esta metodología se convierte en una herramienta útil cuando se requiere un cierto grado de comparación e integración de diferentes criterios.

Algunos investigadores sostienen que el AHP no ha sido completamente comprendido en su totalidad, ya que su alcance va más allá de ser simplemente una herramienta para la selección. Esta técnica permite una valoración exhaustiva de las alternativas, considerando tanto factores tangibles como intangibles, lo que la posiciona como un método robusto para la toma de decisiones más informadas y fundamentadas en contextos complejos. El AHP, por lo tanto, no solo facilita la elección de alternativas, sino que también promueve una planificación estratégica más consciente al permitir a los decisores visualizar y ponderar las diferentes dimensiones del problema en su totalidad. Se plantea entonces, que la mejor manera de entender el método es describir sus tres funciones básicas:

- Estructurar la complejidad.
- Medir en una escala.
- Sintetizar.

El proceso se basa en varias etapas. La formulación del problema de la toma de decisiones en una estructura jerárquica y es la primera y principal etapa. Esta etapa es donde el tomador de decisiones debe desglosar el problema en sus componentes relevantes. La jerarquía básica está compuesta por: metas u objetivos generales, criterios y alternativas [17-19]. La jerarquía está construida de manera que los elementos sean del mismo orden de magnitud y puedan relacionarse con algunos del siguiente nivel.

En una jerarquía típica el nivel más alto localiza el problema de toma de decisiones [20], [21], [22] . Los elementos que afectan la toma de decisiones son representados en el nivel intermedio, ocupando los criterios los niveles intermedios. En el nivel más bajo se comprenden las opciones de decisiones [23], [24], [25].

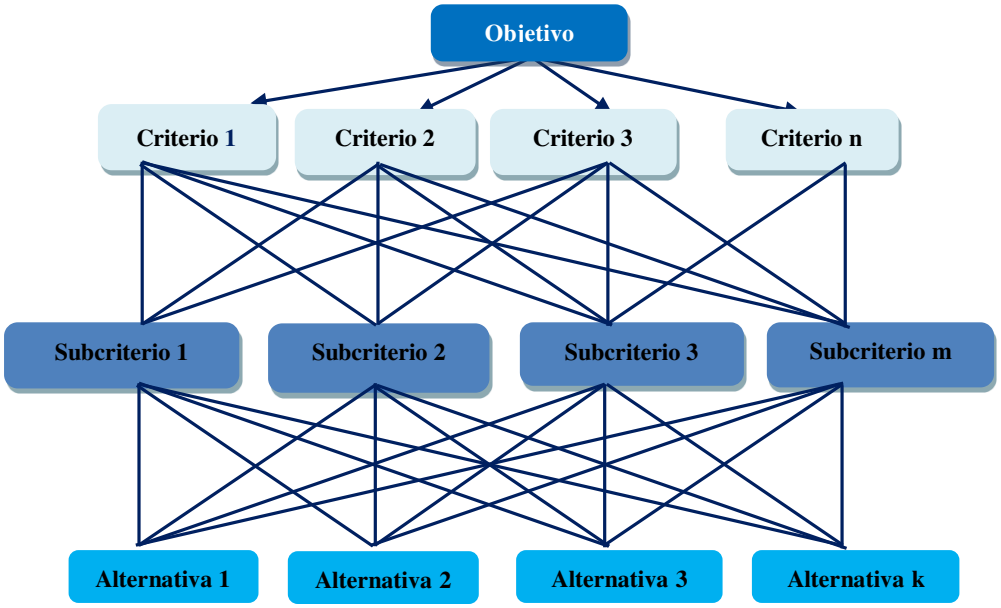


Figura 1. Proceso Analítico Jerárquico.

Una vez definida la estructura jerárquica, se comparan los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios del nivel inferior. Para ello se utilizan matrices de comparación pareadas usando una Escala Fundamental [26-29]. Para el elemento 1 que fue calificado con fuerte dominancia sobre el elemento 2, se expresa como resultado en la posición a_{12}, se coloca un 5 y recíprocamente en la posición de a_{21} se coloca 1/5.

Una representación de los modelos jerárquicos es posible mediante una representación con números neutrosóficos [30] expresados como se muestra a continuación.

$$v\,(p)\;=\;(T,I,F) \tag{1}$$

Donde:

$N\;=\;\{(T,I,F)\,:\,T,I,F\;\subseteq\;[0,1]\}n$, es un valor neutrosófico que mapea un grupo de fórmulas proporcionales a N , por cada sentencia p. Para la selección de los atributos se emplea la escala lingüística propuesta por Sahin [31], [32]. La Tabla 1 muestra la propuesta de etiquetas lingüísticas con sus respectivos valores numéricos [33]. La selección se realiza mediante las etiquetas lingüísticas que son sustituidas por sus términos equivalentes para realizar el procesamiento matemático. La tabla 1 muestra una escala para la evaluación mediante números neutrosóficos que hace una extensión de la propuesta por Saaty.

Tabla 1. La escala de Saaty traducida a una escala triangular neutrosófica.

Escala Saaty	Definición	Escala triangular neutrosófica
1	Igualmente influyente	$\tilde{1} = \langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$
3	Ligeramente influyente	$\tilde{3} = \langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$
5	Fuertemente influyente	$\tilde{5} = \langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$
7	Muy fuertemente influyente	$\tilde{7} = \langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$
9	Absolutamente influente	$\tilde{9} = \langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$
2, 4, 6, 8	Valores intermedio entre dos escalas cercanas	$\tilde{2} = \langle(1,2,3);0.40,0.65,0.60\rangle$
		$\tilde{4} = \langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40\rangle$
		$\tilde{6} = \langle(5,6,7);0.70,0.25,0.30\rangle$
		$\tilde{8} = \langle(7,8,9);0.85,0.10,0.15\rangle$

A continuación, se presenta un algoritmo para el cálculo de éste, el cual debe aplicarse para todos los criterios:

- Para cada línea de la matriz de comparación por pares determinar una suma ponderada con base a la suma del producto de cada celda por la prioridad de cada alternativa o criterio correspondiente.
- Para cada línea, dividir su suma ponderada por la prioridad de su alternativa o criterio correspondiente
- Determinar la media λ_{max} del resultado de la etapa anterior.

- Calcular el índice de consistencia (CI) para cada alternativa o criterio.

Saaty estableció que el Índice de Consistencia (CI) debería depender de λmax, el valor propio máximo de la matriz definió la ecuación $CI = \frac{\lambda_{max}-n}{n-1}$, donde n es el orden de la matriz. Además, definió la Relación de Consistencia (CR) con la ecuación CR = CI/RI, donde RI se da en la Tabla 2.

Tabla 2. RI asociada a cada índice.

Orden (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Si CR≤0.1 se puede considerar que la evaluación de los expertos es suficientemente consistente y por lo tanto se puede proceder a utilizar en el Proceso Analístico Jerárquico Neutrosófico (NAHP).

TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) por sus siglas en inglés, es técnica que se caracteriza por su eficacia y la simplicidad de su principio en la solución de problemas de decisión multicriterio. El problema consiste en encontrar la alternativa mejor evaluada. En el caso de TOPSIS, la selección se basa en encontrar la alternativa que se acerca más a la solución ideal y a su vez se aleja más a la peor solución. El método Topsis permite combinar varios atributos heterogéneos en un índice adimensional único, y esto es debido a que muy posiblemente los atributos en evaluación estén expresados en unidades o escalas diferentes y se basa en el concepto de que la alternativa seleccionada debe tener la menor distancia euclidiana a una solución ideal y la mayor distancia euclidiana a una solución anti-ideal [34, 35]. Así, el orden de preferencia de las alternativas puede ser determinado mediante una serie de comparaciones de estas distancias. Ambas soluciones, la ideal y la anti-ideal, son soluciones ficticias [36]:

- La solución ideal es una solución para la cual todos los valores de los atributos corresponden a los valores óptimos de cada atributo contenido en las alternativas;
- La solución anti-ideal es la solución para la cual todos los valores de los atributos corresponden a los valores menos deseados de cada atributo contenido en las alternativas.

De esta manera, TOPSIS proporciona una solución que es no sólo la más cercana a una solución hipotéticamente mejor, sino también la más lejana a la hipotéticamente peor. A continuación, se describe el proceso:

1. Determinar el objetivo e identificar los atributos a evaluar.
2. Elaborar matriz con base en la información disponible sobre los atributos. Cada renglón corresponde a una alternativa y cada columna a un atributo. El elemento x_{ij} de la matriz representa el valor no normalizado del atributo j-ésimo para la i-ésima alternativa.
3. Calcular la matriz de decisión normalizada R_{ij}. Esto se obtiene al dividir cada valor del atributo x_j entre la raíz cuadrada de la sumatoria de los cuadrados de cada valor del atributo x_j. Esto se representa matemáticamente por la ecuación (1):

$$Rij = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{m=1}^{k} x_{mj}^2}} \quad (2)$$

4. Determinar la importancia relativa o peso para cada atributo con respecto al objetivo. Esto origina un conjunto de pesos w_j (para j = 1, 2, … , j) tales que $\sum w_j = 1$. Las ponderaciones se basan generalmente en juicios de expertos y deben reflejar la importancia relativa asignada a los atributos de desempeño evaluados. El rango de valores posibles de w_j sólo estará limitado por la capacidad de los elementos del grupo de decisión para distinguir la importancia relativa de los atributos de rendimiento analizados.
5. Obtener la matriz normalizada y ponderada V_{ij}. Esto se hace multiplicando cada elemento de las columnas de la matriz R_{ij} por su peso correspondiente w_j. Por lo tanto, los elementos de la matriz normalizada y ponderada son expresados por la ecuación 3:

$$V_{ij} = w_j * R_{ij} \quad (3)$$

6. Obtener la solución ideal y la anti-ideal: La solución ideal puede ser expresada como: (4) y la anti-ideal como (5). VJ+ indica el valor ideal del atributo considerado entre los valores de los atributos para las diferentes alternativas, mientras que VJ- indica el peor valor del atributo considerado entre los valores de los atributos para las diferentes alternativas.

$$V^+ = \{V_1^+, V_2^+, V_3^+, \ldots., V_j^+\} \quad (4)$$

$$V^- = \{V_1^-, V_2^-, V_3^-, \ldots., V_j^-\} \quad (5)$$

7. Calcular las distancias euclidianas de cada alternativa a las soluciones ideal y anti-ideal mediante las siguientes ecuaciones:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{j} (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad (6)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{j} (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (7)$$

8. La cercanía relativa Pi de una alternativa en particular a la solución ideal se expresa mediante (8):

$$P_i = \frac{D_i^-}{(D_i^+ + D_i^-)} \quad (8)$$

9. En este paso se genera un conjunto de alternativas en orden descendiente según el valor de Pi teniendo como mejor alternativa aquella con el valor más alto de Pi.

3 Resultados y discusión

Se diseñaron encuestas con el objetivo de que expertos en psicología y educación identificaran y evaluaran los criterios que permitan analizar la influencia de la inteligencia emocional en el estado de ánimo de los estudiantes de tercer semestre y el personal administrativo de la Escuela de Medicina de UNIANDES. Se seleccionaron expertos con una sólida formación académica y experiencia en el campo de la inteligencia emocional, la psicología educativa o la salud mental, garantizando así una visión amplia y fundamentada sobre el tema. Los criterios de inclusión para los expertos incluyeron una titulación de posgrado en áreas relacionadas, al menos cinco años de experiencia profesional en investigación y aplicación de estrategias de inteligencia emocional, y haber participado en conferencias o publicaciones relevantes en este ámbito. A continuación, se presentan y describen los cuatro criterios que se evaluarán en este estudio:

1. Tasa de éxito del cierre. Este criterio se refiere al porcentaje de casos en los que la fístula bucosinusal se cierra de forma efectiva y duradera tras la cirugía. Se debe evaluar mediante un seguimiento clínico postoperatorio que confirme la ausencia de fugas entre la cavidad bucal y el seno maxilar. Una alta tasa de éxito es indicativa de que el injerto ha integrado adecuadamente en la zona tratada y ha logrado un cierre funcional completo.
2. Proceso de cicatrización. Este criterio evalúa la calidad y el tiempo del proceso de cicatrización del sitio quirúrgico después de la obturación de la fístula. Se debe observar el tiempo que tarda en producirse la epitelización completa del área injertada, así como la presencia de complicaciones como dehiscencias o infecciones. Un proceso de cicatrización rápido y sin complicaciones indica un resultado positivo del injerto y su integración en el tejido circundante.
3. Mantenimiento de la funcionalidad. Este criterio se refiere a la preservación de la funcionalidad oral tras la obturación de la fístula, incluyendo la masticación, fonación y resonancia nasal. Se evalúa a través de la observación clínica y la autopercepción del paciente sobre su capacidad para realizar funciones orales normales. La funcionalidad mantenida sugiere que el injerto de Bichat no ha alterado negativamente la dinámica bucal ni la anatomía regional.
4. Satisfacción del Paciente. Este criterio implica la evaluación de la percepción y satisfacción general del paciente respecto al resultado del tratamiento. Se puede medir mediante encuestas o entrevistas estructuradas que indaguen sobre la mejora en la calidad de vida, la ausencia de molestias y la percepción estética. La satisfacción del paciente es crítica, ya que un buen resultado clínico debe ir acompañado de una experiencia positiva que minimice la ansiedad y el malestar en el área tratada.

A continuación, se presenta la tabla resultante con los pesos luego de haber efectuado la matriz de comparación binaria del AHP Saaty (ver tabla 3, 4 y 5).

Tabla 3. Matriz A de comparación por pares de los criterios.

Criterios	Tasa de éxito del cierre	Proceso de cicatrización	Mantenimiento de la funcionalidad	Satisfacción del Paciente
Tasa de éxito del cierre	$\tilde{1}$	$\tilde{9}$	$\tilde{5}$	$\tilde{9}$
Proceso de cicatrización	$\tilde{9}$	$\tilde{1}$	$\tilde{7}$	$\tilde{5}$
Mantenimiento de la funcionalidad	$\tilde{7}$	$\tilde{5}$	$\tilde{1}$	$\tilde{7}$
Satisfacción del Paciente	$\tilde{9}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{1}$
Suma	$\tilde{8}$	$\tilde{7}$	$\tilde{8}$	$\tilde{7}$

Tabla 4. Matriz Normalizada.

Criterios	Autoconciencia emocional	Regulación emocional	Empatía	Habilidades sociales	Peso
Tasa de éxito del cierre	1	0,9	0,5	0,9	0,82
Proceso de cicatrización	0.9	1	0,7	0,5	0,77
Mantenimiento de la funcionalidad	0,7	0,5	1	0,7	0,72
Satisfacción del Paciente	0,9	0,5	0,7	1	0,77

Tabla 5. Análisis de la consistencia del ejercicio.

Criterios	A x Peso	Valores propios aprox
C1	0,82	0.17
C2	0,77	0.22
C3	0,72	0.27
C4	0,77	0.22
Valor propio= 0.77	IC=0.04	RC=0.04<0.25 Consistente

Para determinar las alternativas claves a potenciar y tratar las emociones que alteran el estado de ánimo, se debe seguir la siguiente jerarquización: C1>C2> C4>C3>, según la modelación de AHP de Saaty.
La modelación del AHP Saaty define como factor de mayor nivel jerárquico a:

- Regulación emocional, y
- Habilidades sociales

Una vez calculado los pesos se decide aplicar la técnica Topsis para la evaluación de los enfoques, sobre los criterios antes mencionados, se utilizan los pesos resultantes del AHP de Saaty. A continuación, se exponen los resultados (ver tabla 6, 7 y 8):

Tabla 6. Matriz normalizada.

Alternativas /Criterios	Tasa de éxito del cierre	Proceso de cicatrización	Mantenimiento de la funcionalidad	Satisfacción del Paciente
Tasa de éxito del cierre	0.28	0.31	0.17	0.29
Proceso de cicatrización	0.25	0.34	0.24	0.16
Mantenimiento de la funcionalidad	0.2	0.17	0.34	0.22
Satisfacción del Paciente	0.25	0.17	0.24	0.32

Tabla 7. Matriz normalizada ponderada.

Alternativas /Criterios	Tasa de éxito del cierre	Proceso de cicatrización	Mantenimiento de la funcionalidad	Satisfacción del Paciente
Tasa de éxito del cierre	0.0028	0.0031	0.0017	0.0029
Proceso de cicatrización	0.0025	0.0034	0.0024	0.0016
Mantenimiento de la funcionalidad	0.002	0.0017	0.0034	0.0022
Satisfacción del Paciente	0.0025	0.0017	0.0024	0.0032

Tabla 8. Cálculo de proximidad relativa a la solución ideal y orden.

Alternativas	D+	D-	Ri	Orden jerárquico
Tasa de éxito del cierre	0.74	0.80	0,82	1
Proceso de cicatrización	0.71	0.75	0,77	2
Mantenimiento de la funcionalidad	0.67	0.71	0,72	4
Satisfacción del Paciente	0.72	0.76	0,77	3

4 Discusiones

La comunicación bucosinusal es una complicación poco frecuente que puede surgir tras la extracción dental, pero es fundamental conocer cómo abordarla cuando ocurre. Según un estudio de Punwutikorn en 1994, se reportaron 87 casos de comunicación en 27,984 extracciones, lo que destaca la importancia de una intervención oportuna por parte del profesional para prevenir la aparición de sinusitis maxilar crónica, que es una consecuencia común cuando no se actúa rápidamente. Un estudio posterior realizado por Guven en 1998 reveló que el 92% de los pacientes con infección crónica del seno maxilar habían presentado comunicaciones post-extracción mal tratadas. [41]

Jurídicamente, el diente que presenta más frecuentemente esta complicación es el primer molar superior, fenómeno que también se observó en nuestra investigación, seguido por el tercer molar. Este último suele estar involucrado en comunicaciones con el seno maxilar debido a su alta incidencia de extracción en contextos ortodónticos. A pesar de que anatómicamente el segundo molar está más relacionado con el piso sinusal, las extracciones del primer molar son estadísticamente más comunes. Esto se debe a que el primer molar permanente erupciona aproximadamente seis años antes que el segundo molar, momento en el cual los niños aún no han desarrollado buenos hábitos de higiene bucal, lo que provoca que el primer molar se pierda por caries con mayor frecuencia. [42]

Las técnicas de colgajo vestibular y palatino presentan desventajas cuando la comunicación se produce tras la extracción del tercer molar. En el caso del colgajo vestibular, se pierde la anatomía normal de la zona, mientras que el colgajo palatino puede comprometer el aporte sanguíneo necesario para su éxito al rotar el pedículo.

La literatura ofrece varias técnicas para cerrar comunicaciones bucosinusales, siendo esencial que el cirujano evalúe el tamaño de la lesión, la presencia de infección y la duración de la comunicación para elegir el tratamiento adecuado. La bola adiposa de Bichat es un tipo de tejido especializado que, en adultos, no solo contribuye a la movilidad muscular mediante el alineamiento y separación de los músculos, sino que también puede usarse en diversas reconstrucciones bucales. Esto incluye el cierre de fístulas y comunicaciones, la rehabilitación de pacientes desfigurados, correcciones estéticas y el recubrimiento de injertos para implantes. Para garantizar resultados exitosos, es crucial suturar el tejido adiposo sin tensión y seguir una dieta blanda, además de utilizar enjuagues bucales hasta que el tejido se haya recuperado completamente. [43]

Entre las técnicas disponibles para el cierre de comunicaciones bucosinusales se encuentran los colgajos mucoperiosticos, colgajos palatinos, injertos mucosos y láminas de oro. Sin embargo, la técnica con la bola adiposa de Bichat presenta ventajas significativas. La estabilización del colgajo graso en las perforaciones óseas ofrece un plano profundo más resistente a las tracciones que ocurren durante las funciones bucales normales. La rápida epitelialización desde la mucosa sinusal también se facilita al contar con una superficie más estable. En el caso de dehiscencia parcial del colgajo mucoperiostico, la epitelialización de la bola adiposa de Bichat en el plano sinusal es favorable, lo que contribuye a un cierre efectivo de la comunicación.

La morbilidad postoperatoria asociada a esta técnica es considerablemente menor en comparación con otras metodologías, como el colgajo palatino. El uso del colgajo pediculado de la bola adiposa de Bichat se destaca por su sencillez y rapidez, permitiendo el cierre de defectos de hasta 5 cm de diámetro sin alterar la anatomía ni la funcionalidad del paciente. En la literatura se han documentado éxitos en su aplicación para cubrir defectos en la región palatina, suturar fístulas oronasales, recubrir injertos óseos y realizar reconstrucciones en lesiones traumáticas. Otras ventajas incluyen su gran elasticidad y excelente vascularización, lo que la convierte en una opción terapéutica fiable con resultados óptimos.

5 Conclusión

Con el desarrollo de la presente investigación se obtuvo un método que combine el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y el método TOPSIS para evaluar la eficacia del injerto pediculado de la bola adiposa de Bichat en el cierre de fístulas bucosinusales. El colgajo de la bola adiposa de Bichat se destaca por su excelente vascularización, volumen, versatilidad y capacidad para transformarse en tejido epitelial, gracias a la presencia de células madre. Esto lo convierte en una opción muy confiable para el cierre de comunicaciones y fístulas bucosinusales, logrando altas tasas de éxito. Al combinarlo con un colgajo bucal, se obtienen dos planos de cierre que reducen el riesgo de infección y mejoran la cicatrización.

Se concluye que la bola adiposa de Bichat es un recurso valioso como colgajo de relleno, ofreciendo resultados positivos en la práctica clínica. Esta técnica es sencilla, bien tolerada y presenta una menor tasa de complicaciones en comparación con otras metodologías. Es fundamental considerar este elemento anatómico como una alternativa eficaz para el cierre de comunicaciones bucosinusales amplias y para reparar tejidos cicatrizales fibrosos. Además, la bola adiposa de Bichat se utiliza en diversas rehabilitaciones, incluyendo el manejo de secuelas quirúrgicas por tumores benignos o malignos, corrección de defectos en fisuras maxilares y tratamientos quirúrgicos para disfunciones de la articulación temporomandibular (ATM).

Referencias

[1] P. Parvini, K. Obreja, A. Begic, F. Schwarz, J. Becker, R. Sader, and L. Salti, "Decision-making in closure of oroantral communication and fistula," *International journal of implant dentistry,* vol. 5, pp. 1-11, 2019.

[2] A.-S. Vásquez-Villafane, J. Arias-Lucano, M.-Y. Seminario-Amez, J.-O. Guevara-Canales, R. Morales-Vadillo, and E. A. Ramos, "Comunicación bucosinusal: Revisión de la Literatura," *Revista KIRU,* vol. 14, no. 1, 2017.

[3] M.-C. Costea, C.-I. Bondor, A. Muntean, M. E. Badea, A.-Ş. Mesaroş, and A. M. Kuijpers-Jagtman, "Proximity of the roots of posterior teeth to the maxillary sinus in different facial biotypes," *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics,* vol. 154, no. 3, pp. 346-355, 2018.

[4] M. Abad Gallegos, R. P. Barbosa de Figueiredo, A. Rodríguez Baeza, and C. Gay Escoda, "Utilización del colgajo pediculado de la bola adiposa de Bichat en el cierre de comunicaciones bucosinusales: a propósito de 8 casos," *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugia Bucal, 2011, vol. 16, num. 2, p. 105-110*, 2011.

[5] O. Dassonville, G. Poissonnet, A. Bozec, O. Camuzard, and D. Culié, "Técnicas de reconstrucción en oncología de las vías aerodigestivas superiores: cavidad oral y orofaringe," *EMC-Cirugía Otorrinolaringológica y Cervicofacial,* vol. 19, no. 1, pp. 1-17, 2018.

[6] J. R. Ramírez Almeida, J. M. Parise Vasco, J. A. Castro, and A. Armas Vega, "Uso de bolsa adiposa de Bichat pediculada como recurso para el cierre de comunicaciones y fístulas bucoantrales: informe de caso," *Odontología Vital*, no. 33, pp. 7-14, 2020.

[7] R. Martín-Granizo, L. Naval, A. Costas, C. Goizueta, F. Rodriguez, F. Monje, M. Muñoz, and F. Diaz, "Use of buccal fat pad to repair intraoral defects: review of 30 cases," *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery,* vol. 35, no. 2, pp. 81-84, 1997.

[8] R. Breheret, S. Boucher, and L. Laccourreye, "Cirugía de las comunicaciones buconasosinusales," *EMC-Cirugía Otorrinolaringológica y Cervicofacial,* vol. 16, no. 1, pp. 1-7, 2015.

[9] G. B. Cordero, S. M. Ferrer, and L. Fernández, "Sinusitis odontogénica, fístula oroantral y su reparación quirúrgica mediante colgajo de bolsa de Bichat: revisión de la literatura," *Acta Otorrinolaringológica Española,* vol. 67, no. 2, pp. 107-113, 2016.

[10] O. Huapaya Paricoto de Murillo, R. Castelo Obregón, J. Huanca Sánchez, N. Llaureano Luna, A. Zúñiga Human, H. Sialer Álvarez, E. Arellano Torrejón, and C. Cárdenas, "Closure of oroantral communications using a buccal graft of Bichat´ s fat pedicled pad," 2012.

[11] F. Bareiro, "Obturación de fístula bucosinual adiposa de la cara (de Bichat)," *Revista del Nacional (Itauguá),* vol. 4, no. 2, pp. 41-44, 2012.

[12] J. R. Ramírez Almeida, J. M. Parise Vasco, J. A. Castro, and A. Armas Vega, "Use of pedicle Bichat fat pad as a resource for the closure of communications and oroantral fistulas: case report," *Odontología Vital*, no. 33, pp. 7-14, 2020.

[13] T. L. Saaty, *Toma de decisiones para líderes*: RWS Publications, 2014.

[14] A. Arquero, M. Alvarez, and E. Martinez, "Decision Management making by AHP (analytical hierarchy process) trought GIS data," *IEEE Latin America Transactions,* vol. 7, no. 1, pp. 101-106, 2009.

[15] S. E. López Cuenca, "Análisis de factibilidad y pertinencia del programa de Maestría en Administración de Empresas con mención en Innovación mediante el modelo AHP difuso," Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería Comercial., 2017.

[16] B. B. Fonseca, L. C. M. Benitez, and Á. M. H. Oliva, "La estructura de desglose del trabajo como mecanismo viable para la generación de proyectos exitosos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 5, pp. 63-75, 2019.

[17] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.

[18] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[19] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.

[20] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[21] O. M. Cornelio, I. S. Ching, Y. Chen, and J. G. González, "MODELO PARA LA TOMA DE DECISIONES SOBRE ACCESO CONTROL A PRÁCTICAS DE LABORATORIO A DISTANCIA BASADO EN MAPAS COGNITIVOS DIFUNOS," *Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, 2024.

[22] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[23] C. Tubet Abramo, “Diseño de una metodología de evaluación de la sostenibilidad del Mix Eléctrico Nacional, basada en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP),” 2016.

[24] F. Smarandache, "Neutrosophic Overset, Neutrosophic Underset, and Neutrosophic Offset. Florentin Smarandache Similarly for Neutrosophic Over-/Under-/Off-Logic, Probability, and Statistics," 2017.

[25] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[26] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, “Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional,” *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.

[27] M. Saqlain, M. Saeed, M. R. Ahmad, and F. Smarandache, *Generalization of TOPSIS for Neutrosophic Hypersoft set using Accuracy Function and its Application*: Infinite Study, 2019.

[28] N. ValcÃ, and M. Leyva-VÃ, “Validation of the pedagogical strategy for the formation of the competence entrepreneurship in high education through the use of neutrosophic logic and Iadov technique,” *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 23, pp. 45-51, 2018.

[29] C. M. Villamar, J. Suarez, L. D. L. Coloma, C. Vera, and M. Leyva, *Analysis of technological innovation contribution to gross domestic product based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers*: Infinite Study, 2019.

[30] F. Smarandache, “Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[31] R. Sahin, and M. Yigider, “A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection,” *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[32] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, “Single valued neutrosophic sets,” *Review of the Air Force Academy*, no. 1, pp. 10, 2010.

[33] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, “Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[34] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, “Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts,” *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[35] F. Smarandache, “Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[36] R. G. Ortega, M. L. Vázquez, J. A. S. Figueiredo, & , and A. Guijarro-Rodriguez, “Sinos river basin social-environmental prospective assessment of water quality management using fuzzy cognitive maps and neutrosophic AHP-TOPSIS.,” *Neutrosophic Sets and Systems, 23, 160–171*, 2018.

[37] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. “Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes”. Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[38] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. “Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente”. El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[39] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. “Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra”. Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[40] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. “Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador”. Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[41] von Feigenblatt, O. F. “Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies”, pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[42] von Feigenblatt, O. F. “Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth”. Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[43] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. “El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura”. In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 18, 2025. Aceptado: marzo 08, 2025

NCML
Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método para la evaluación de las amiloidosis mediante Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico

Method for the evaluation of amyloidosis by means of a Neutrosophic Hierarchical Analytical Process

Irvin Ricardo Tubón Usca[1], Joselin Nayeli Bonilla Espinoza[2], and Gabriela Liseth Vaca Altamirano [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.irvintubon@uniandes.edu.ec
[2] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba. Ecuador. joselinn.bonilla@espoch.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.gabrielavaca@uniandes.edu.ec

Resumen. Las amiloidosis son diversas patologías caracterizadas por la acumulación anormal de proteínas fibrilares en órganos y tejidos, lo que afecta su función. La calidad de vida y la expectativa de supervivencia dependen del grado de compromiso orgánico, siendo la amiloidosis cardíaca un factor crucial en la evaluación de la supervivencia. Con más de 30 proteínas patogénicas, la amiloidosis se clasifica en AL, ATTRv, ATTRwt y AA. La AL, que es adquirida, resulta de células plasmáticas anormales, mientras que la ATTR puede ser genética o senil. La fisiopatología de estas patologías implica el mal plegamiento de las proteínas, lo que genera depósitos perjudiciales en los tejidos. Aunque la incidencia de amiloidosis varía, es más frecuente en países desarrollados. El diagnóstico requiere una evaluación clínica completa, análisis neurológico y cardíaco, biopsias y análisis proteómico. Los tratamientos se adaptan al tipo de amiloidosis y pueden incluir trasplante autólogo de células madre, tocilizumab y terapias de apoyo. El pronóstico es variable según el tipo de amiloidosis y la respuesta al tratamiento, siendo esencial el manejo de las complicaciones cardiovasculares en la amiloidosis sistémica. En este contexto, la investigación tiene como objetivo desarrollar un método para la evaluación de las amiloidosis mediante el Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico, que facilitará una mejor comprensión y un enfoque más efectivo en el diagnóstico y tratamiento de estas complejas patologías.

Palabras Claves: Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico, Amoloidosis, síndrome, proteínas.

Abstract. Amyloidosis is a diverse set of pathologies characterized by the abnormal accumulation of fibrillar proteins in organs and tissues, which affects their function. Quality of life and survival expectancy depend on the degree of organ involvement, with cardiac amyloidosis being a crucial factor in the assessment of survival. With more than 30 pathogenic proteins, amyloidosis is classified into AL, ATTRv, ATTRwt and AA. AL, which is acquired, results from abnormal plasma cells, while ATTR can be genetic or senile. The pathophysiology of these pathologies involves the misfolding of proteins, which generates harmful deposits in tissues. Although the incidence of amyloidosis varies, it is more frequent in developed countries. Diagnosis requires a complete clinical evaluation, neurological and cardiac analysis, biopsies and proteomic analysis. Treatments are adapted to the type of amyloidosis and may include autologous stem cell transplantation, tocilizumab and supportive therapies. The prognosis varies depending on the type of amyloidosis and the response to treatment, with the management of cardiovascular complications in systemic amyloidosis being essential. In this context, the research aims to develop a method for the evaluation of amyloidosis using the Neutrosophic Hierarchical Analytic Process, which will facilitate a better understanding and a more effective approach in the diagnosis and treatment of these complex pathologies.

Keywords: Neutrosophic Hierarchical Analytic Process, Amyloidosis, syndrome, proteins.

1 Introducción

Las amiloidosis constituyen un grupo de enfermedades cuya causa principal es la acumulación extracelular de una sustancia de carácter patológica en la vía final común del metabolismo que se desarrolla de forma anormal de ciertas proteínas [1]. Actualmente, es considerada una enfermedad rara y poco frecuente; por ende, al no presentar una gran incidencia en la población el conocimiento médico no es tan desarrollado, a tal punto de que no puede

ser curada sino solo tratada. Sin embargo, el desarrollo de la medicina nuclear y la resonancia magnética, han permitido que deje de ser considerada una enfermedad terminal, y en su lugar sea una patología cuyo progreso pueda ser modificado o reducido [2,33].

Al ser un conjunto de enfermedades es entendible que comprenda varias etiologías, manifestaciones y tratamientos [3]. Por lo cual, frente a una amiloidosis, es necesario un diagnóstico riguroso y sistemático para determinar a qué grupo pertenece ya sea este inmunoglobulínico, inflamatorio, hereditario o senil. Para ello es necesario basarse en los antecedentes familiares, clínica del paciente y la naturaleza de los órganos afectados. Además, se debe complementar con la búsqueda de inmunoglobulinas monoclonales, pruebas genéticas, estudios histológicos e inmunohistoquímico de los depósitos de cadena y el análisis proteómico de tejidos [1].

Se informan más de 30 proteínas consideradas patogénicas, las cuales se identifican por el acúmulo de fibrillas plegadas anormalmente, con un diámetro de entre 7 y 13 nm que pueden ser causantes de amiloidosis [4]. Aunque existen, otras fuentes de información que consideran a 21 las proteínas amiloidogénicas [5].

Dentro de estos tres grupos la más estudiada es la AL que es netamente adquirida y es causada por la expansión clonal de células plasmáticas CD38+ que generan cadenas ligeras de inmunoglobulinas mal plegadas, las que a su vez forman fibrillas de amiloide que se sitúan en los tejidos; produciendo daño a órganos, entre ellos al corazón y riñones principalmente [5, 6]. En el caso de amiloidosis por depósito de transtiretina es causada por diversas variantes genéticas de la transtiretina que al responder a la mutación se pliega mal y se acumula en depósitos en distintos órganos del cuerpo [7,34].

Entre las causas más comunes de amiloidosis AA están las inflamaciones crónicas como: enfermedades reumáticas, vasculitis e inflamaciones de la piel y tejido subcutáneo; infecciones crónicas como las infecciones bacterianas de larga data; de origen hereditario como: síndromes inflamatorios, inmunodeficiencia o por fallo metabólico; enfermedades hematológicas como neoplasias y tumorales malignos o benignos; por último, de origen idiopático [8].

La incidencia de esta patología es muy variable e incierta. Actualmente, se toma como referencia la clasificación correspondiente a las formas sistémicas; donde encontramos a las formas AL, ATTR (v/wt) y la amiloidosis secundaria (AA) [9] como las más frecuentes, en base a esta consideración podemos decir que:

La AL presenta una mayor incidencia en países desarrollados, siendo de 6 a 12 casos por millón de personas. En 2018, se expuso que en las dos décadas anteriores se presentó alrededor de 74.000 casos de AL [10]. La ATTRv posee una gran distribución geográfica, por su variabilidad mutacional; mientras que, la incidencia de ATTRwt es difícil de precisar en necropsias de pacientes mayores de 80 años. En la AA se conocen muy pocos casos, en EE. UU. se estima que el 7% de todas las biopsias renales establecidas como amiloidosis son de tipo amiloidosis sistémica [6,35].

En América Latina existen escasos datos que aborden la incidencia de amiloidosis. En Argentina, investigadores de un Hospital de Buenos Aires ejecutó el primer estudio de la epidemiología sobre esta entidad en países latinos, encontrando las siguientes cifras: Para la ATTRwt 14/millón de pacientes anuales, en AL 11/millón de pacientes anuales, y en AA 2/ millón de pacientes anuales [6].

Existen múltiples procesos mediante los cuales se produce un plegamiento incorrecto de los precursores de proteínas, generando intrínsecamente que la proteína adquiera una conformación patológica ya sea debido al envejecimiento (amiloidosis senil) o cuando se presenta una alta concentración sérica de precursores de proteínas (pacientes con enfermedades renales crónicas) [11]. En la amiloidosis hereditaria, el proceso de sustitución de aminoácidos individuales puede generar que las proteínas amiloidogénicas que están mal plegadas pierdan su función biológica natural y se agrupen. Finalmente, en la amiloidosis AA, el amiloide A sérico que es una proteína reactiva de fase aguda, se sitúa en diferentes tejidos del paciente [12,36].

Estados fisiológicos y fisiopatológicos como: pH bajo, aumento de temperatura, proteólisis limitada, presencia de osmolitos y iones metálicos pueden llegar a alterar la estructura tridimensional de las proteínas, pasando de un estado en equilibrio hacia uno amiloidogénico. El mecanismo por el cual se produce un daño tisular en la amiloidosis se compone: en primer lugar, se da una alteración de la arquitectura del tejido, seguida de la interacción que desarrolla con los receptores de superficie celular, que conducen a la inflamación a raíz del depósito de proteína amiloide, lo que provoca estrés oxidativo que desencadena la activación de la apoptosis en la célula afectada [6].

Las características clínicas que presentan los pacientes con amiloidosis varían dependiendo del tipo de fibrillas de amiloide involucradas. De manera general, los pacientes pueden experimentar síntomas como fatiga y debilidad intensa, disnea, así como entumecimiento, hormigueo o dolor en manos y/o pies. También es común observar edema en los tobillos y las piernas, así como alteraciones gastrointestinales que pueden manifestarse como diarrea o estreñimiento. Otros signos característicos son la macroglosia, que se presenta con ondulaciones en los bordes, engrosamiento o hematomas en la piel, y manchas purpúreas periorbitales.

Adicionalmente, en el examen físico se pueden detectar hallazgos como hombreras hipertrofiadas, resultado del depósito de amiloide, la presencia de púrpura amiloide, y el conocido "ojo de mapache", asociado a la deficiencia del factor X. En el caso específico de la amiloidosis sistémica de cadenas ligeras (AL), el principal signo es la afectación cardíaca, aunque también se pueden observar onicodistrofia, proteinuria, hepatomegalia, artropatía y miopatía.

Por otro lado, la amiloidosis por depósitos de transtiretina (ATTR) presenta características distintivas, incluyendo polineuropatía dolorosa motora y autonómica, miocardiopatía, y el síndrome del túnel carpiano, que es considerado uno de los signos más relevantes. También pueden manifestarse estenosis espinal y osteoartritis. En la amiloidosis sistémica (AA), los pacientes pueden experimentar infecciones debido a los depósitos, periodos de fiebre, dolor abdominal y artritis, lo que resalta la diversidad y complejidad de la presentación clínica de estas patologías.

El manejo terapéutico de la amiloidosis varía según el tipo de la enfermedad, siendo crucial para el tratamiento de cada variante adaptar las intervenciones a las particularidades de la patología. En la amiloidosis de tipo AL, el enfoque se centra en detener y, si es posible, revertir el proceso patológico amiloidogénico, complementado con tratamientos de soporte para manejar los síntomas asociados al compromiso sistémico. Para los pacientes de bajo riesgo, la participación en ensayos clínicos es una opción viable, junto con la posibilidad de recibir un autotrasplante de células madre con Melfalán en una dosis de 200 mg/m². Aquellos clasificados en riesgo intermedio suelen ser tratados con regímenes que combinan melfalán y dexametasona. En contraste, los pacientes con alto riesgo pueden beneficiarse de terapias que incluyan bortezomib o regímenes combinados de dosis más bajas. El tratamiento postrasplante con bortezomib ha mostrado mejorar las tasas de respuesta completa [13].

En el caso de la amiloidosis por depósitos de transtiretina (ATTR), el trasplante de hígado resulta ser una opción efectiva, ya que la eliminación de la transtiretina mutante de la circulación puede conducir a mejoras en los síntomas de neuropatía. Sin embargo, es fundamental ofrecer terapia de apoyo que priorice la calidad de vida del paciente y prevenga la disfunción orgánica. Por último, en la amiloidosis AA, aunque aún no existe un tratamiento específico, varios medicamentos están en uso [14,37]. Entre estos, el tocilizumab ha mostrado eficacia al retrasar el deterioro del filtrado glomerular, mejorar el estado nutricional y los indicadores inflamatorios y bioquímicos, además de reducir los síntomas. Por lo tanto, la utilización de tocilizumab puede considerarse una estrategia efectiva en el manejo de esta forma de amiloidosis.

Considerando lo expresado anteriormente, el objetivo de este artículo científico fue desarrollar un método para la evaluación de las amiloidosis mediante Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico.

2 Materiales y métodos

El método propuesto en esta investigación basa su funcionamiento mediante Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico (NAHP, *Neutrosophic Analytic Hierarchy Process*) está estructurado en tres etapas: (1) entrada; (2) procesamiento; y (3) salida de información. La etapa de entrada nutre los criterios de selección del método, posteriormente en la etapa de procesamiento se implementa la evaluación multicriterio. La etapa de salida visualiza la inferencia propuesta por el método como resultado del proceso de evaluación, tal como muestra la figura 1.

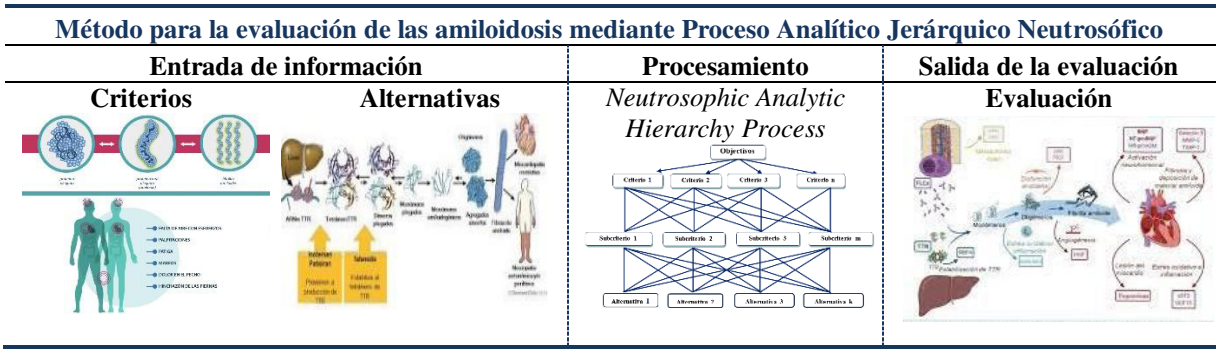


Figura 1. Estructura general del método propuesto para la evaluación de las amiloidosis.

2.1 El Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico

El proceso analítico jerárquico (AHP) fue propuesto por Thomas Saaty 1980 [15]. Constituye uno de los métodos más difundidos en la resolución de problemas de toma de decisiones multicriterios. Esta técnica realiza una modelación del problema que da lugar a la formación de una jerarquía representativa del esquema decisional asociado. Dicha jerarquía presenta en el nivel superior la meta que se persigue al resolver el problema y en el nivel inferior se incluyen las distintas alternativas a partir de las que debe tomarse una decisión. Los niveles intermedios detallan el conjunto de criterios y atributos considerados.

AHP es un método que selecciona alternativas en función de una serie de criterios o variables, normalmente jerarquizados, los cuales suelen entrar en conflicto. En esta estructura jerárquica, el objetivo final se encuentra en el nivel más elevado, y los criterios y subcriterios en los niveles inferiores [16-18]. La figura 2 muestra la estructura jerárquica de AHP [19, 20].

En una jerarquía típica el nivel más alto localiza el problema de toma de decisiones [21-23]. Los elementos que afectan la toma de decisiones son representados en el nivel intermedio, ocupando los criterios los niveles intermedios. En el nivel más bajo se comprenden las opciones de decisiones [24, 25,38].

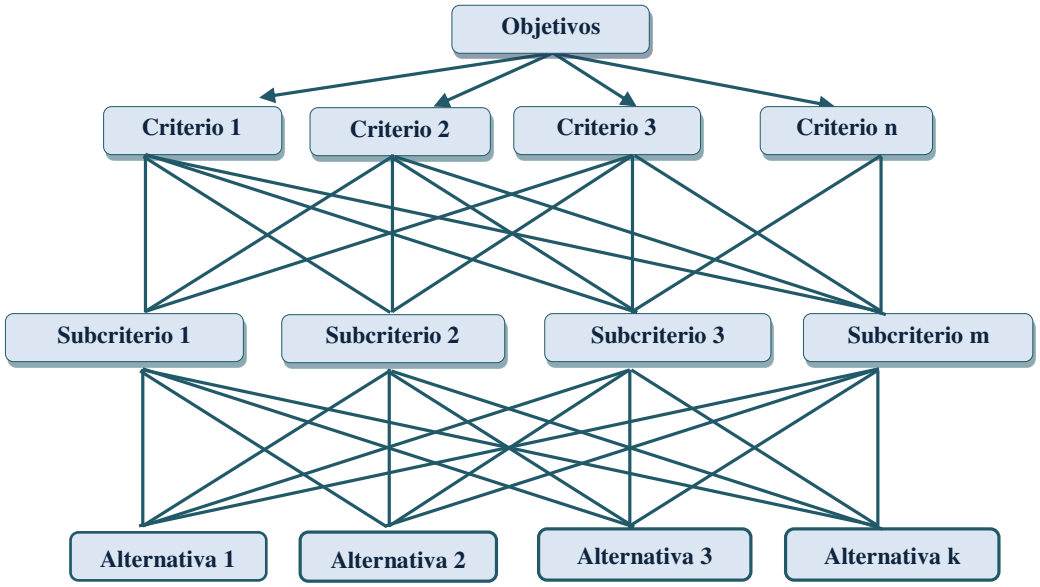


Figura 2. Proceso Analítico Jerárquico.

Una vez definida la estructura jerárquica, se comparan los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios del nivel inferior. Para ello se utilizan matrices de comparación pareadas usando una Escala Fundamental [26].

La comparación de las diferentes alternativas respecto al criterio del nivel inferior de la estructura jerárquica, como la comparación de los diferentes criterios de un mismo nivel jerárquico dan lugar a una matriz cuadrada denominada Matriz de Decisión.

2.2 Actividades del método para la evaluación de las amiloidosis.

Una vez identificado los criterios evaluativos, el método realiza un proceso de comparación entre criterios. Se establecen los niveles de importancia o ponderación asociados a los criterios. Se estiman por medio de comparaciones apareadas entre cada criterio. Esta comparación se lleva a cabo usando una escala, tal como expresa la ecuación (1) [27].

$$S = \left\{\frac{1}{9},\frac{1}{8},\frac{1}{7},\frac{1}{6},\frac{1}{5},\frac{1}{4},\frac{1}{3},\frac{1}{2},1,2,3,4,5,6,7,8,9\right\} \tag{1}$$

En el caso de *n* atributos la comparación apareada del elemento *i* con el elemento *j* es colocado en la posición de *aij* de la matriz A de comparaciones apareadas, tal como se muestra en la ecuación (2).

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & \tilde{1} \end{bmatrix} \tag{2}$$

A partir del proceso de comparación se obtienen los valores recíprocos de estas comparaciones. Los valores obtenidos son colocados en la posición a_{ji} de A, con la finalidad de preservar la consistencia del juicio [28, 29]. El proceso de decisión debe comparar la importancia relativa de un elemento con respecto a un segundo, usando la escala de 9 puntos mostrada en la tabla 1.

Para el elemento 1 que fue calificado con fuerte dominancia sobre el elemento 2, se expresa como resultado en la posición a_{12}, se coloca un 5 y recíprocamente en la posición de a_{21} se coloca 1/5.

Tabla 1. La escala de Saaty traducida a una escala triangular neutrosófica.

Escala Saaty	Definición	Neutrosophic Triangular Scale
1	Igualmente influyente	$\tilde{1} = \langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$
3	Ligeramente influyente	$\tilde{3} = \langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$
5	Fuertemente influyente	$\tilde{5} = \langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$
7	Muy fuertemente influyente	$\tilde{7} = \langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$
9	Absolutamente influente	$\tilde{9} = \langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$
2, 4, 6, 8	Valores intermedio entre dos escalas cercanas	$\tilde{2} = \langle(1,2,3);0.40,0.65,0.60\rangle$
		$\tilde{4} = \langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40\rangle$
		$\tilde{6} = \langle(5,6,7);0.70,0.25,0.30\rangle$
		$\tilde{8} = \langle(7,8,9);0.85,0.10,0.15\rangle$

Por su parte, Saaty estableció que el Índice de Consistencia (CI) debería depender de λ max, el valor propio máximo de la matriz. Definió la ecuación $\mathrm{CI} = \frac{\lambda_{max}-n}{n-1}$, donde *n* es el orden de la matriz. Además, definió la Relación de Consistencia (CR) con la ecuación CR = CI/RI, donde RI se relaciona en la Tabla 2.

Tabla 2. RI asociada a cada orden.

Orden (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Donde:

- Si CR≤0.1 se considera que la evaluación de los expertos es suficientemente consistente y por lo tanto podemos proceder a utilizar NAHP.
- NAHP tiene como objetivo calificar criterios, subcriterios y alternativas, y clasificar cada alternativa de acuerdo con estos puntajes [30, 31].
- NAHP también se puede utilizar en la evaluación de grupo. En tal caso, el valor final se calcula mediante la media geométrica ponderada, mediante las ecuaciones 3 y 4.

$$\bar{x} = \left(\prod_{i=1}^{n} x_i^{w_i}\right)^{1/\sum_{i=1}^{n} w_i} \tag{3}$$

Si los pesos de los expertos suman uno, es decir $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$, la ecuación 3 se transforma en la ecuación 4.

$$\bar{x} = \prod_{i=1}^{n} x_i^{w_i} \tag{4}$$

3 Resultados y discusión

El método propuesto en esta investigación fue implementado para analizar la incidencia de amiloidosis en los pacientes objeto de estudio. La presente sección realiza una descripción de los resultados obtenidos de su implementación. Para la obtención de la información se emplea un enfoque multicriterio multiexperto [32], expresado como:

El grupo de criterios que caracterizan el estado cínico de los pacientes, en el problema de toma de decisiones tal que:

$$C = \{c_1, c_2, \ldots, c_m\}, m \geq 1 \quad ,$$

.

Para lo cual participan el grupo de expertos que intervienen en el problema de toma de decisiones tal que:

$$E = \{e_1, e_2, \ldots, e_n\}, n \geq 1 \quad ,$$

Mediante el conjunto de alternativas de decisión para en el problema de toma de decisiones propuesto tal que:

$$A = \{a_1, a_2, \ldots, a_k\}, k \geq 1 \quad ,$$

Las alternativas para evaluar son las siguientes:

A_1: Existe una alta posibilidad de que el paciente sufra una amiloidosis.

A_2: No existe una alta posibilidad de que el paciente sufra una amiloidosis.

Para llevar a cabo un análisis exhaustivo sobre la posibilidad de que el paciente sufra una amiloidosis, se convocó a un panel de expertos especializados en diversas áreas relevantes. El panel de expertos convovocado está compuesto por profesionales de diversas especialidades. Entre ellos se encuentran un hematólogo, quien se enfoca en enfermedades de la sangre y su relación con la amiloidosis; un reumatólogo, experto en enfermedades autoinmunes que podrían incidir en la formación de depósitos de amiloide; un cardiólogo, que evalúa el impacto de la amiloidosis en la función cardíaca y participa en el diagnóstico de la amiloidosis cardíaca; y un patólogo, especializado en biopsias y análisis histológicos, que juega un papel crucial en la identificación de depósitos de amiloide en los tejidos. Este equipo multidisciplinario comparte su conocimiento para ofrecer un enfoque integral y preciso sobre el diagnóstico y las posibles implicancias del trastorno en el paciente. A partir del análisis realizado, se obtienen los principales criterios a tener en cuenta:

Tabla 3. Criterios evaluativos.

ID	Criterio	Descripción
C_1	Síntomas clínicos	La presencia de síntomas como fatiga, pérdida de peso inexplicada, hinchazón en extremidades, o signos de afectación cardiovascular y renal puede ser indicativa de amiloidosis. Un examen clínico minucioso es fundamental para identificar estos síntomas.
C_2	Evaluación de biopsias	La biopsia de tejido, ya sea de grasa abdominal o de un órgano afectado, permite la identificación de depósitos de amiloide mediante técnicas de tinción específicas como la tinción de rojo Congo. La confirmación histológica es uno de los pilares en el diagnóstico.
C_3	Estudios de imagen	Imágenes de resonancia magnética (RM) o ecocardiografía pueden ser útiles para evaluar la afectación de órganos, especialmente el corazón. El estudio de la función cardíaca y la posible hipertrofia del ventrículo también son esenciales para descartar o confirmar la amiloidosis cardíaca.
C_4	Análisis de laboratorio	Estudios de laboratorio, como la electroforesis de proteínas y la evaluación de cadenas ligeras en orina, son importantes para detectar proteínas anormales que podrían estar asociadas con amiloidosis. La presencia de proteínas monoclonales en suero o en orina puede ser un indicativo del tipo de amiloidosis (por ejemplo, amiloidosis AL).

Las tres matrices por pares obtenidas correspondientes a los criterios, una por experto, se resumen en la tabla 4. Los valores se expresan en forma de la escala dada en la tabla 1.

Tabla 4: Pares de comparación correspondientes a los criterios agregados dados por los expertos.

Alternativa	A_1	A_2
A_1	$\tilde{1}$	$\tilde{5}$
A_2	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{1}$

La tabla 5, contiene la valoración media para el total de expertos correspondientes a los requisitos, uno por cada criterio.

Tabla 5: Matriz media nítida por pares correspondiente a los requerimientos dados por los expertos según criterio C_1.

C	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$
C_2	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$
C_3	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$
C_4	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$

A partir de la aplicación de la ecuación 1, se aplica la ecuación 4 para convertir las matrices por pares en matrices nítidas. El CR obtenido fue 0.00325 que represente el valor agregado de los expertos. Se observa que es menor que 0.1. Mientras que, para las matrices de requerimientos, los CR son menores a 0.1 respecto a cada experto y cada criterio.

La Tabla 6 resume los vectores prioritarios de los tres expertos para los criterios, aplicando la Ecuación 2 con pesos wi = 1/3 for i = 1, 2, 3.

Tabla 6: Promedio de vectores de prioridad obtenidos para cada criterio sobre los expertos y su orden.

Alternativas	Promedio sobre expertos de Criterios Vectores Prioritarios	Orden
A_1	⟨(6,7,8);0.90,0.10,0.10⟩	1
A_2	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	2

La Tabla 7 resume los pesos para cada requerimiento y el orden final.

Tabla 7: Los vectores de prioridad de requisitos y el orden final de requisitos.

Criterios	A_1(0.75)	A_2(0.40)	Vector de prioridad	Orden
C_1	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	0,38	1
C_2	$\langle(7,8,9);0.85,0.10,0.15\rangle$	$\langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40\rangle$	0,19	3
C_3	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40\rangle$	0,33	2
C_4	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	0,10	4

De acuerdo con los resultados resumidos en la Tabla 7, los indicadores poseen un nivel de cumplimiento que se ordenan de la siguiente manera: $C_1 \succ C_3 \succ C_2 \succ C_4$.

Para el caso analizado, la evaluación de la alternativa A_1 indica una alta posibilidad de que el paciente sufra amiloidosis se fundamenta en la convergencia de múltiples evidencias clínicas, laboratoriales y de imagen que respaldan dicha conclusión. En primer lugar, los síntomas presentados por el paciente, como fatiga extrema y edema, son compatibles con los hallazgos característicos de esta enfermedad. Además, los resultados de las biopsias que evidencian depósitos de amiloide, así como los estudios de imagen que reflejan alteraciones en la función cardíaca, fortalecen la hipótesis de amiloidosis. En este contexto, el Método de Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico (NAHP) se revela como una herramienta altamente útil para tal evaluación, ya que permite integrar información cualitativa y cuantitativa sobre distintos criterios relevantes en la toma de decisiones. Este enfoque proporciona una estructura lógica para jerarquizar variables y evaluar su impacto en el diagnóstico de amiloidosis, permitiendo a los expertos ponderar la relevancia de cada criterio según el contexto del paciente y sus características clínicas. Así, el uso del NAHP no solo optimiza el proceso de diagnóstico, sino que también mejora la comprensión global del estado del paciente, facilitando la comunicación entre los especialistas involucrados y permitiendo una intervención más efectiva y personalizada.

4 Discusión

Los resultados de ha permitido alcanzar conclusiones significativas que contribuyen a un mejor entendimiento y gestión de esta compleja enfermedad. Desde el inicio del proceso, la conformación de un panel multidisciplinario de expertos resultó crucial, ya que cada especialista aportó su conocimiento específico, lo que facilitó un enfoque integral. Las discusiones iniciales se centraron en la relevancia de los síntomas clínicos, que incluyen fatiga, pérdida de peso y edemas, como indicadores primarios que podrían sugerir la presencia de amiloidosis. Estos hallazgos preliminares condujeron a una serie de estudios adicionales que, combinados con la historia clínica del paciente, ofrecieron un marco más sólido para el diagnóstico.

Para el caso de estudio aplicado, se realizaron análisis que revelaron la presencia de depósitos de amiloide en los tejidos analizados. Este hallazgo fue fundamental, ya que la confirmación histológica es uno de los pilares en el diagnóstico de la amiloidosis. Así, las discusiones se enfocaron en la necesidad de aplicar técnicas de tinción adecuadas, como la tinción de rojo Congo, que permitió visualizar los depósitos de amiloide, además de considerar otras biopsias de órganos afectados, dado que la enfermedad puede manifestarse de diversas maneras. Las investigaciones complementarias mediante estudios de imagen también revelaron alteraciones importantes en la función cardíaca, lo que obligó a los expertos a considerar la amiloidosis como un trastorno multisistémico.

Otro aspecto clave de la discusión fue la aplicabilidad del Método de Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico (NAHP) como herramienta de evaluación. Este enfoque demostró ser valioso para sistematizar y analizar la información recopilada, permitiendo a los expertos priorizar criterios relevantes y sopesar las probabilidades de diagnóstico en función de las evidencias. Mediante el NAHP, se logró integrar diferentes dimensiones del problema y facilitar la comunicación entre los especialistas, promoviendo un diagnóstico más preciso y personalizado. [39]

Las discusiones llevaron a un consenso sobre el cumplimiento de los criterios diagnósticos establecidos, concluyéndose que existe una alta posibilidad de que el paciente padezca amiloidosis. A partir de estos hallazgos, se subrayó la importancia de una vigilancia continua y un abordaje multidisciplinario en la gestión de los casos, a fin de mejorar la calidad de vida del paciente y optimizar los tratamientos disponibles. Esta investigación, por tanto,

no solo contribuye al conocimiento actual sobre la amiloidosis, sino que también establece un marco para futuras investigaciones y un enfoque colaborativo en la atención médica.

5 Conclusión

La diversidad de proteínas patogénicas y la variabilidad en la incidencia de esta enfermedad hacen que su clasificación y diagnóstico sean desafiantes. La amiloidosis cardíaca, en particular, emerge como un factor determinante clave en la supervivencia del paciente. El diagnóstico, que incluye la evaluación clínica, pruebas neurológicas, cardíacas y biopsias, es fundamental para guiar el tratamiento adecuado.

El manejo de estos pacientes representa un enorme desafío a razón de la baja incidencia que presenta la enfermedad, la amplia gama de manifestaciones clínicas, la falta de aprobación de medicamentos, los altos costos y el desarrollo científico a nivel global que es de moderada o baja calidad con gran escasez de ensayos clínicos que impiden un correcto tratamiento y seguimiento de la enfermedad. Sin embargo, actualmente se prioriza en el diagnóstico temprano y en la preparación del médico para no pasar por desapercibido esta patología a fin de reducir las tasas que, si bien son pocas, son letales en la mayoría de los casos.

Referencias

[1] S. Georgin-Lavialle, D. Buob, and G. Grateau, "Amiloidosis," *EMC-Tratado de Medicina,* vol. 23, no. 2, pp. 1-7, 2019.

[2] R. H. D. Silva Amorim, "Revisión sistemática sobre los avances diagnósticos y terapéuticos en amiloidosis primaria," 2021.

[3] B. K. Castro García, "Amiloidosis y Mieloma Múltiple. Manifestaciones Bucales. Revisión bibliográfica."

[4] E. Riva, "Diagnóstico de amiloidosis sistémica. Bases hematológicas útiles para el cardiólogo clínico," *Revista Uruguaya de Cardiología,* vol. 37, no. 1, 2022.

[5] C. Salzillo, R. Franco, A. Ronchi, A. Quaranta, and A. Marzullo, "Cardiac Amyloidosis: State-of-the-Art Review in Molecular Pathology," *Current Issues in Molecular Biology,* vol. 46, no. 10, pp. 11519-11536, 2024.

[6] E. Kastritis, G. Palladini, M. C. Minnema, A. D. Wechalekar, A. Jaccard, H. C. Lee, V. Sanchorawala, S. Gibbs, P. Mollee, and C. P. Venner, "Daratumumab-based treatment for immunoglobulin light-chain amyloidosis," *New England Journal of Medicine,* vol. 385, no. 1, pp. 46-58, 2021.

[7] D. Adams, I. L. Tournev, M. S. Taylor, T. Coelho, V. Planté-Bordeneuve, J. L. Berk, A. González-Duarte, J. D. Gillmore, S.-C. Low, and Y. Sekijima, "Efficacy and safety of vutrisiran for patients with hereditary transthyretin-mediated amyloidosis with polyneuropathy: a randomized clinical trial," *Amyloid,* vol. 30, no. 1, pp. 18-26, 2023.

[8] J. D. Sipe, M. D. Benson, J. N. Buxbaum, S.-i. Ikeda, G. Merlini, M. J. Saraiva, and P. Westermark, "Amyloid fibril proteins and amyloidosis: chemical identification and clinical classification International Society of Amyloidosis 2016 Nomenclature Guidelines," *Amyloid,* vol. 23, no. 4, pp. 209-213, 2016.

[9] L. Acquasaliente, and V. De Filippis, "The role of proteolysis in amyloidosis," *International Journal of Molecular Sciences,* vol. 24, no. 1, pp. 699, 2022.

[10] N. Kumar, N. J. Zhang, D. Cherepanov, D. Romanus, M. Hughes, and D. V. Faller, "Global epidemiology of amyloid light-chain amyloidosis," *Orphanet Journal of Rare Diseases,* vol. 17, no. 1, pp. 278, 2022.

[11] J. Á. Rubio, A. J. M. Sánchez, J. González-Costello, P. García-Pavía, J. L. Freire, J. M. García-Pinilla, E. Z. Grima, A. García-Álvarez, M. V. Gómez, and M. Á. E. Castro, "Caracterización de la amiloidosis cardiaca hereditaria por transtirretina en España," *Revista Española de Cardiología,* vol. 75, no. 6, pp. 488-495, 2022.

[12] Y. López Gallardo, I. Marañés Antoñanzas, A. B. Fernández Sáez, and R. Cordero Bernabé, "Amiloidosis primaria y mieloma múltiple, una asociación frecuente," *Revista Clínica de Medicina de Familia,* vol. 13, no. 2, pp. 157-161, 2020.

[13] E. Aldinc, C. Campbell, F. Gustafsson, A. Beveridge, R. Macey, L. Marr, C. Summers, and D. Zhang, "Musculoskeletal manifestations associated with transthyretin-mediated (ATTR) amyloidosis: a systematic review," *BMC Musculoskeletal Disorders,* vol. 24, no. 1, pp. 751, 2023.

[14] A. D. Wechalekar, J. D. Gillmore, and P. N. Hawkins, "Systemic amyloidosis," *The Lancet,* vol. 387, no. 10038, pp. 2641-2654, 2016.

[15] T. L. Saaty, *Toma de decisiones para líderes*: RWS Publications, 2014.

[16] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[17] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[18] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[19] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[20] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[21] B. B. Fonseca, and O. Mar, "Implementación de operador OWA en un sistema computacional para la evaluación del desempeño," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2021.

[22] C. Marta Rubido, and O. M. Cornelio, "Práctica de Microbiología y Parasitología Médica integrado al Sistema de Laboratorios a Distancia en la carrera de Medicina," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[23] O. Mar, and B. Bron, "Procedimiento para determinar el índice de control organizacional utilizando Mapa Cognitivo Difuso," *Serie Científica*, pp. 79-90.

[24] F. Smarandache, "Neutrosophic Overset, Neutrosophic Underset, and Neutrosophic Offset. Florentin Smarandache Similarly for Neutrosophic Over-/Under-/Off-Logic, Probability, and Statistics," 2017.

[25] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[26] O. M. Cornelio, and J. G. Gulín, "Modelo para la evaluación de habilidades profesionales en un Sistema de Laboratorios a Distancia," *Revista Cientifica,* vol. 3, no. 33, pp. 1, 2018.

[27] W. Ho, and X. Ma, "The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process," *European Journal of Operational Research,* vol. 267, no. 2, pp. 399-414, 2018.

[28] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica,* vol. 13, no. 2, 2021.

[29] M. Cornelio, "Estación de trabajo para la práctica de Microbiología y Parasitología Médica en la carrera de medicina integrado al sistema de laboratorios a distancia," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[30] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and F. R. R. Marzo, "Tratamiento de la incertidumbre en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en conjuntos borrosos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 13, no. 6, pp. 84-93, 2020.

[31] N. Caedentey Moreno, and O. Mar-Cornelio, "Monitoreo energético en los laboratorios de la Universidad de las Ciencias Informáticas," *Ingeniería Industrial,* vol. 37, no. 2, pp. 190-199, 2016.

[32] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[33] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[34] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[35] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[36] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[37] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[38] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[39] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 18, 2025. Aceptado: marzo 08, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Sistema de recomendaciones para la clasificación de Pupilometría en el traumatismo craneoencefálico grave

System of recommendations for Pupillometry classification in severe head injury.

Piedad Elizabeth Acurio Padilla[1], Melany Yamilex Reascos Chalacán[2], and Mauricio Fernando Enrríquez Grijalva[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.piedadacurio@uniades.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. melanyrc97@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ma.mauriciofeg83@uniandes.edu.ec

Resumen. El traumatismo craneoencefálico es una lesión compleja que puede generar complicaciones y secuelas neurológicas severas, incluso mortales. Por esta razón, la evaluación multimodal de los pacientes con TCE es esencial para garantizar un tratamiento oportuno y personalizado. En el contexto del traumatismo craneoencefálico grave, la pupilometría es una técnica de medición del tamaño y la reactividad pupilar, constituye una herramienta adicional para su manejo, ya que permite monitorizar el estado neurológico y predice su deterioro. Es así que el objetivo de este trabajo fue desarrollar un Sistema de recomendaciones para la clasificación de Pupilometría en el traumatismo craneoencefálico grave.

Palabras Claves: números neutrosóficos, clasificación de Pupilometría, traumatismo craneoencefálico grave.

Abstract. Traumatic brain injury is a complex injury that can cause severe, even fatal, neurological complications and sequelae. For this reason, multimodal assessment of patients with TBI is essential to ensure timely and personalized treatment. In the context of severe head trauma, pupillometry is a technique for measuring pupil size and reactivity, and is an additional tool for management, as it allows monitoring the neurological status and predicts its deterioration. Thus, the objective of this work was to develop a system of recommendations for the classification of pupillometry in severe head trauma.

Keywords: neutrosophic numbers, pupillary classification, severe head trauma.

1 Introducción

El traumatismo craneoencefálico (TCE) grave se sitúa como una de las principales causas de muerte y discapacidad entre jóvenes y adultos en todo el mundo, siendo en su mayoría prevenibles. Este tipo de lesión implica un impacto significativo en el cerebro, provocando lesiones primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias, que pueden ser tanto focales como difusas. La rápida evaluación y el tratamiento de estos pacientes son fundamentales para mejorar sus pronósticos.

En años recientes, la pupilometría ha cobrado importancia como herramienta diagnóstica y pronóstica en el manejo del traumatismo craneoencefálico, impulsada por avances tecnológicos y una mayor comprensión de la fisiología neurológica. Las pupilas actúan como un reflejo del estado neurológico del paciente; su respuesta a la luz es controlada por el sistema nervioso autónomo y puede indicar la integridad y funcionalidad de diversas estructuras cerebrales [1]. En el contexto del TCE, los cambios en el tamaño y la reactividad pupilar pueden señalar un aumento de la presión intracraneal, daño en los nervios craneales o una disfunción cerebral generalizada.

Históricamente, el uso de la evaluación pupilar para el estado neurológico se remonta a tiempos de Hipócrates, quien observó alteraciones en el tamaño de las pupilas en lesionados. Sin embargo, fue en el siglo XIX cuando se comenzaron a desarrollar métodos sistemáticos para medir y cuantificar el tamaño pupilar. Adolf von Graefe, en 1875, introdujo un método para medir el tamaño de las pupilas con una regla, y en 1879, Carl Wernicke presentó

el primer pupilómetro, que utilizaba una lupa y escala para mediciones [2].

En el siglo XVII, el médico francés Jean Fernel describió la relación entre el tamaño pupilar y el nivel de conciencia, aunque no fue hasta el siglo XIX que se adoptó el uso sistemático de la pupilometría en el TCE. Durante el siglo XX, se adoptaron instrumentos más avanzados, incluyendo pupilómetros mecánicos y ópticos, y más tarde, en la década de 1950, se introdujeron los pupilómetros electrónicos que usaban células fotoeléctricas. En 1958, Lowenstein y Loewenfeld documentaron el uso de cámaras infrarrojas para obtener imágenes de las pupilas, lo que abrió nuevas posibilidades para investigaciones farmacológicas y fisiológicas [3,41].

La década de 1970 trajo consigo la pupilometría computarizada, que utilizaba computadoras para analizar imágenes digitales de las pupilas, permitiendo mediciones más precisas. El TCE grave se ha convertido en una epidemia silenciosa en la actualidad, afectando especialmente a hombres jóvenes en Latinoamérica, donde la falta de datos oficiales confiables complica la identificación del problema. La mortalidad en países en desarrollo es notablemente mayor que en naciones desarrolladas, y la prevalencia de TCE continúa en aumento.

Desde el punto de vista fisiológico, la pupila es el orificio del iris que regula el ingreso de luz a la retina, y su tamaño es controlado por los músculos lisos del iris. El músculo dilatador, inervado por el sistema simpático, y el esfínter, inervado por el sistema parasimpático, determinan su diámetro, que puede variar de 1.5 a 9 mm, siendo aproximadamente 3 mm en condiciones de luz normales. El reflejo pupilar depende de la integridad del arco reflejo que transita por el tronco encefálico, lo que hace que la pupilometría sea vital para evaluar su función [4,42].

En casos de TCE grave, el aumento de la presión intracraneal y la presencia de una lesión supratentorial pueden inducir la herniación del lóbulo temporal, lo que provoca compresión del tallo cerebral y puede comprometer el tercer par cranial. La evaluación pupilar se convierte entonces en un componente esencial del examen físico en estos pacientes, ya que una pupila dilatada o sin reacción puede indicar un serio compromiso neurológico.

La relevancia de la pupilometría en situaciones de traumatismo craneoencefálico grave es indiscutible, pues una evaluación rápida y precisa puede influir significativamente en el pronóstico del paciente [5]. En regiones como Latinoamérica, donde muchos jóvenes son víctimas de accidentes y violencia, la pupilometría se establece como una herramienta crucial para optimizar los resultados clínicos y reducir la morbilidad y mortalidad asociadas a estas lesiones.

1.1 Preliminares

La evaluación neurológica juega un papel crucial en la valoración y seguimiento de pacientes neurocríticos, permitiendo determinar su mejoría o deterioro clínico. En este contexto, la pupilometría se utiliza como una medida indirecta para evaluar la condición cerebral y, a su vez, pronosticar la supervivencia en pacientes con traumatismo craneoencefálico grave [6].

La pupilometría se enfoca en analizar la respuesta pupilar a la luz, conocida como reflejo fotomotor. En condiciones normales, las pupilas se contraen ante la luz y se dilatan en la oscuridad. Sin embargo, en pacientes con TCE, cualquier alteración en este reflejo puede ser indicativa de lesiones intracraneales y compresión de nervios craneales, especialmente el nervio oculomotor (III par craneal).

Tipos de pupilometría:

Pupilometría Manual: Tradicionalmente, los médicos realizan esta evaluación manualmente con una linterna, observando el tamaño y la reactividad de las pupilas. Este método es simple y rápido, y el examen estándar incluye la evaluación del tamaño, forma, simetría de las pupilas y el reflejo pupilar a la luz (PLR). Este último es un predictor importante del resultado y la supervivencia tras una lesión cerebral traumática. Además, se ha encontrado que la forma de la pupila puede ser significativa en diversas afecciones patológicas, asociándose a resultados neurológicos adversos en casos de pupilas ovaladas o en forma de balón de fútbol. Sin embargo, la evaluación manual puede ser inconsistente y propensa a errores debido a variaciones en la intensidad de la luz, tiempo de exposición y habilidades de evaluación de los examinadores, lo que puede hacer que las descripciones sean subjetivas e imprecisas [2].

Pupilometría Automática: Considerando el aumento de morbilidad y mortalidad por lesiones cerebrales traumáticas, la investigación activa sobre su evaluación y tratamiento es crucial. En las últimas dos décadas, se ha demostrado que la pupilometría cuantitativa es útil para la evaluación inmediata y el tratamiento continuo de estos pacientes. El avance tecnológico ha permitido el desarrollo de dispositivos automáticos que miden con precisión la reactividad y el tamaño pupilar, eliminando el sesgo humano y mejorando la precisión de las evaluaciones. Estos dispositivos automatizados incluyen una cámara digital, un microordenador, una fuente de luz y un monitor. Utilizan luz infrarroja de 850 nm y registran la luz reflejada desde el iris, proporcionando medidas rápidas y repetibles en 3 a 4 segundos, además de datos sobre el tamaño de constricción, la latencia del reflejo, y permiten un registro de mediciones.

Pupilometría de Infrarrojos: Esta tecnología ha revolucionado la neurología crítica al ofrecer herramientas valiosas para la evaluación y monitoreo de pacientes. Los pupilómetros infrarrojos portátiles permiten mediciones objetivas y precisas del tamaño pupilar y sus reflejos, proporcionando datos cuantitativos cruciales para el diag-

nóstico y seguimiento de diversas condiciones neurológicas. Funciona iluminando el ojo con luz infrarroja y analizando la imagen reflejada por un sensor infrarrojo, lo que permite determinar el diámetro pupilar y otros parámetros como el reflejo pupilar a la luz. Los datos son procesados y presentados de inmediato en una pantalla, facilitando la interpretación y la toma de decisiones clínicas [7].

Pupilometría con Reconocimiento Facial en Teléfonos Inteligentes: Este enfoque innovador tiene el potencial de transformar la evaluación pupilar, permitiendo mediciones precisas en el hogar. La idea es desarrollar y validar un pupilómetro habilitado por sistemas de reconocimiento facial en teléfonos inteligentes, que pueda medir los cambios relativamente y los tamaños absolutos de las pupilas en milímetros. Se están investigando hallazgos sobre la viabilidad de que los adultos mayores realicen pruebas de respuesta pupilar de manera remota. Este tipo de pupilometría emplea aplicaciones móviles diseñadas para diagnosticar y monitorear la evolución de las conmociones cerebrales, lo que requiere un accesorio especial para el teléfono que facilite la realización de pruebas de respuesta pupilar.

Parámetros Evaluados en la Pupilometría

La pupilometría es una técnica utilizada para medir y analizar las respuestas pupilares a diferentes estímulos. Los principales parámetros que se evalúan incluyen:

Diámetro Pupilar: Se refiere al tamaño de la pupila en milímetros antes de la contracción, evaluado tanto en condiciones de luz como en oscuridad para determinar la respuesta a los cambios de iluminación.

Velocidad de Contracción: Este parámetro mide la rapidez promedio con la que la pupila se contrae en respuesta a un estímulo luminoso, expresándose en milímetros por segundo [8].

Velocidad de Dilatación: Indica la rapidez con la que la pupila se dilata después de la contracción, también medida en milímetros por segundo.

Latencia de la Respuesta Pupilar: Es el tiempo que tarda la pupila en comenzar a reaccionar ante un estímulo luminoso, medido en milisegundos.

Amplitud de la Respuesta Pupilar: Representa la diferencia en el tamaño de la pupila antes y después del estímulo, reflejando la magnitud de la respuesta.

Simetría Pupilar: Compara las respuestas pupilares entre ambos ojos para identificar asimetrías que podrían indicar problemas neurológicos.

Forma de la Pupila: Evalúa la regularidad de la forma de la pupila, ya que cualquier irregularidad puede ser indicativa de patologías o lesiones específicas.

Reflejo Fotomotor Directo e Indirecto: Evalúa la respuesta de la pupila del ojo expuesto a la luz (reflejo directo) y la respuesta de la pupila del ojo contralateral (reflejo consensuado o indirecto).

Interpretación de Resultados

Pupilas Isocóricas y Reactivas: Pupilas de tamaño normal y que responden a la luz son un buen indicador de función neurológica adecuada.

Pupilas Anisocóricas: Diferencias de tamaño entre las pupilas pueden señalar daño unilateral en el nervio óptico o herniación cerebral, sugiriendo un traumatismo craneoencefálico.

Pupilas Fijas y Dilatadas: Pupilas que no responden y se encuentran dilatadas indican daño severo del tronco encefálico o alta presión intracraneal, lo que requiere una intervención médica inmediata.

Aplicaciones Clínicas de la Pupilometría

La pupilometría es una herramienta valiosa en diversas situaciones clínicas, especialmente en el manejo del traumatismo craneoencefálico grave. Sus principales aplicaciones incluyen:

Evaluación del Estado Neurológico: El tamaño y la reactividad pupilar ofrecen información sobre la función del nervio oculomotor y el tronco encefálico. Pupilas dilatadas y no reactivas (midriasis) suelen asociarse con un mal pronóstico, mientras que cambios en el reflejo pupilar pueden indicar empeoramiento neurológico.

Detección de Herniación Cerebral: La pupilometría ayuda a identificar la herniación cerebral observando cambios en el tamaño y reactividad pupilar. El índice de reactividad pupilar (IRP) se utiliza para evaluar la función del tallo cerebral y pronosticar resultados. Un IRP de 3 indica función normal, mientras que valores inferiores sugieren disfunción y mayor riesgo de herniación.

Monitoreo de la Presión Intracraneal (PIC): Cambios en el tamaño y la reactividad pupilar pueden ser indicadores indirectos de aumento de la PIC. Pupilas dilatadas y no reactivas pueden señalar compresión del tronco cerebral, lo que requiere intervención inmediata [9].

Evaluación Pronóstica: La respuesta pupilar es un marcador importante en la prognosis de pacientes con TCE. Pacientes con pupilas no reactivas tienden a tener peores resultados, lo que ayuda a los médicos en la toma de decisiones sobre el manejo del paciente.

Monitoreo Continuo: Permite el seguimiento constante de la función neurológica, crucial para pacientes en cuidados intensivos, donde los cambios pupilares pueden indicar la necesidad de intervención.

Monitorización de la Respuesta al Tratamiento: La pupilometría puede evaluar la efectividad de tratamientos como cirugía o medicamentos para reducir la hipertensión intracraneal [10,43].

Ventajas y Limitaciones

Ventajas:

No Invasiva: Permite una evaluación continua y segura sin procedimientos invasivos.

Rápida y Repetible: Puede realizarse frecuentemente para monitorear cambios en la condición del paciente.

Indicadora de Lesiones: Alteraciones en la respuesta pupilar pueden señalar problemas como hipertensión intracraneal y daño cerebral.

Limitaciones:

Variabilidad Interindividual: Existen diferencias normales en el tamaño y reactividad pupilar entre individuos, lo que puede complicar la interpretación de resultados.

Acceso y Costo: La disponibilidad de pupilómetros automáticos puede ser limitada en algunos centros de salud.

Interferencia de Medicamentos: Fármacos como los opioides pueden afectar la reactividad pupilar, dificultando la evaluación.

No Definitiva: La pupilometría no es una prueba concluyente para diagnosticar TCE o predecir pronósticos; debe considerarse en el contexto clínico completo.

2 Materiales y métodos

Los Sistemas de recomendaciones son técnicas de filtrado de información que tienen por objetivo facilitar o asistir al usuario en la toma de una decisión [11]. Estos sistemas basan su funcionamiento en la selección y clasificación de información de acuerdo con los requerimientos del usuario [12,44]. Para esta investigación se utilizará un enfoque basado en conocimiento. Los modelos de recomendación basados en conocimiento realizan sugerencias haciendo inferencias sobre las necesidades del usuario y sus preferencias. El sistema de recomendaciones que se propone en esta investigación tiene como objetico servir como herramienta de apoyo para la clasificación de Pupilometría en el traumatismo craneoencefálico grave. Consta de cuatro procesos principales: creación de la base de perfiles del Pupilometría, obtención de los perfiles del Pupilometría, filtrado y generación de las recomendaciones a partir del perfil de semejanza. La Figura 1 muestra un esquema con el funcionamiento del sistema de recomendaciones propuesto.

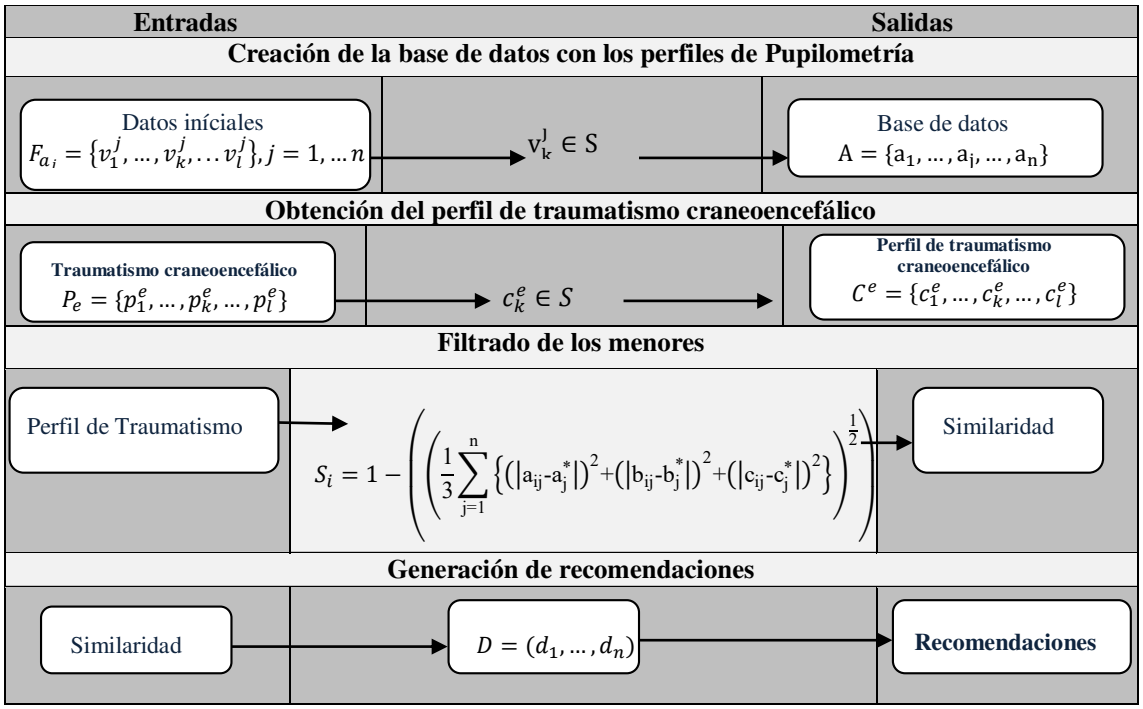


Figura 1: Esquema general del funcionamiento del sistema de recomendaciones basado en conocimiento.

El sistema de recomendación propuesto se basa en conocimiento. Permitiendo representar términos lingüísticos y la indeterminación mediante números SVN [13, 14]. Utiliza como base de inferencia la propuesta de Cordón [15, 16]. A continuación, se presenta el flujo de trabajo para las diferentes actividades:

Actividad 1. Creación de la base de datos con los perfiles de Pupilometría:

Cada una de los Pupilometría a_i es descrito mediante un grupo de competencias, destrezas, conocimientos y carencias de capacitación, determinándose el perfil de los Pupilometría tal como muestra la expresión 1.

$$C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_l\} \quad (1)$$

Los perfiles pueden ser obtenidos de forma directa a partir de los algoritmos computacionales utilizados para la gestión del conocimiento de los profesionales de la salud:

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \quad (2)$$

Las valoraciones de las competencias de los Pupilometría, a_j, serán expresadas utilizando la escala lingüística S, $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de términos lingüísticos definidos para evaluar la competencias c_k utilizando los números SVN [17-19]. Los términos lingüísticos a emplear deben ser definidos [20-22]. Cada alternativa descrita conforma el conjunto de perfiles de Pupilometría con que se nutre el sistema de recomendaciones tal como muestra la expresión 3.

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \quad (3)$$

Cada perfil generado por el sistema de recomendación es almacenado en una base de datos [23-25]. Los datos constituyen la base de la inferencia posterior para el sistema de recomendaciones.

Actividad 2. Obtención del perfil de traumatismo craneoencefálico grave:

En esta actividad se determina la información de traumatismo craneoencefálico grave sobre las preferencias de estos almacenándose en un perfil de modo que [26], [27], [28], [14]:

$$P_e = \{p_1^e, \dots, p_k^e, \dots, p_l^e\} \quad (4)$$

El perfil estará integrado por un conjunto de criterios que caracterizan el traumatismo craneoencefálico grave:

$$C^e = \{c_1^e, \dots, c_k^e, \dots, c_l^e\} \quad (5)$$

Donde $c_k^e \in S$

Este puede ser obtenido mediante el llamado enfoque conversacional y mediante ejemplos los cuales pueden ser adaptados [29], [30], [31], [32,45].

Actividad 3. Filtrado de los cursos

En esta actividad se filtran los cursos de acuerdo al perfil almacenado para encontrar cuáles son las más adecuados según las características presentes [33],[34] , [35], [36]. Con este propósito es calculada la similitud entre el perfil de los Pupilometría, P_e y cada perfil disponible a_j registrado en la base de datos y que ha sido confirmado como efectivo para la clasificación de Pupilometría en el traumatismo craneoencefálico grave [37-39]. Para el cálculo de la similitud total se emplea la siguiente expresión:

$$S_i = 1 - \left(\left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^{n} \left\{ \left(|a_{ij} - a_j^*| \right)^2 + \left(|b_{ij} - b_j^*| \right)^2 + \left(|c_{ij} - c_j^*| \right)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \quad (6)$$

La función S calcula la similitud entre los valores de los atributos del perfil de traumatismo craneoencefálico grave y los almacenados para la clasificación de Pupilometría en el traumatismo craneoencefálico grave a_j.

Actividad 4. Generación de recomendaciones

Una vez calculada la similitud entre el perfil de traumatismo craneoencefálico grave y los almacenados para la clasificación de Pupilometría en el traumatismo craneoencefálico grave en la base de datos, cada uno de los perfiles se ordenan de acuerdo a la similitud obtenida representado por el siguiente vector de similitud.

$$D = (d_1, \dots, d_n) \quad (7)$$

La recomendación identificará qué curso de postgrado, tiene mayor grado de probabilidad de ser clasificado como Pupilometría en el traumatismo craneoencefálico grave, según el grado de similaridad con casos anteriores confirmados como efectivos.

3 Resultados y discusión

La presente sección describe los resultados de la implementación del Sistema de recomendaciones para la clasificación de Pupilometría en el traumatismo craneoencefálico grave. El sistema permite la obtención de un

conjunto de datos que facilitando el trabajo para la clasificación de Pupilometría en el traumatismo craneoencefálico grave. [46,47]

Para la aplicación de la propuesta se parte del conjunto de datos almacenados en la base de datos sobre el traumatismo craneoencefálico grave. A continuación se presenta un ejemplo demostrativo a partir del cual se parte de la base de datos que posee:

$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$ Descrito por el conjunto de atributos $C = \{c_1, c_2, c_3, c_4,\}$

Los atributos se valorarán en la siguiente escala lingüística (Tabla 1). Estas valoraciones serán almacenadas para nutrir la base de datos.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [40].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena(B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media(M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

La Tabla 2 muestra una vista con los datos utilizado en este ejemplo.

Tabla 2: Base de datos de perfiles de traumatismo craneoencefálico grave.

	c_1	c_2	c_3	c_4
a_1	MDB	M	MB	MB
a_2	M	MB	MB	MB
a_3	MDB	M	MB	M
a_4	MDB	B	MB	M
a_5	MDB	M	MB	MB
a_6	M	MMB	MMB	B
a_7	M	B	MMB	B
a_8	M	MMB	MB	MMB

Si un Pupilometría u_e, desea recibir las recomendaciones del sistema, deberá proveer información al mismo expresando el perfil actual del traumatismo craneoencefálico grave que necesita la recomendación. En este caso:

$$P_e = \{\mathrm{M}, \mathrm{B}, \mathrm{MMB}, \mathrm{B}\}$$

El siguiente paso es el cálculo de la similitud entre el perfil de traumatismo craneoencefálico grave actualmente con necesidades de capacitación y los almacenados como confirmados con traumatismo craneoencefálico grave.

Tabla 3: Similitud entre los perfiles almacenados y el perfil del traumatismo craneoencefálico grave.

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8
0.10	0.40	0.15	0.15	0.35	0.55	0.95	0.25

En la fase de recomendación se recomendarán aquellos perfiles que más se acerquen al perfil del traumatismo craneoencefálico grave actualmente con necesidades de capacitación. Un ordenamiento de los perfiles basado en esta comparación sería el siguiente.

$$\{a_{7,}a_6, a_2, a_5, a_8, a_3, a_{4,}a_1\}$$

En caso de que el sistema recomendará los dos perfiles más cercanos, estas serían las recomendaciones:

$$a_7, a_6$$

La aplicación de las recomendaciones provee una vecindad lo más cercano al perfil comparativo para el ejemplo en cuestión la solución es:

a_7

Con la implementación de este sistema, se tendrá una herramienta para analizar la información almacenada en la base de datos de Pupilometría efectivos clasificados como traumatismo craneoencefálico grave y realizar comparaciones con el perfil del traumatismo craneoencefálico grave actualmente para identificar similitudes y patrones que han sido efectivos en otras ocasiones y que muy probablemente será efectivo para este caso.

4 Conclusión

La implementación de un Sistema de recomendaciones permitió la clasificación de Pupilometría en el traumatismo craneoencefálico grave. La pupilometría constituye una herramienta fundamental en el manejo de pacientes con traumatismo craneoencefálico grave, ya que ofrece información inmediata sobre su estado neurológico, lo que permite una intervención médica oportuna.

Existen diversos métodos para realizar la medición pupilar, incluyendo la observación manual, el uso de pupilómetros automáticos, la pupilometría infrarroja y enfoques tecnológicos innovadores como el reconocimiento facial en teléfonos inteligentes.

La correcta interpretación de los datos obtenidos en la pupilometría, tales como el diámetro pupilar, velocidad de contracción y dilatación, latencia de la respuesta pupilar, amplitud de la reacción y reflejos fotomotores directos e indirectos, es crucial para el adecuado manejo de los pacientes con TCE grave.

Los cambios en el tamaño y la reactividad de las pupilas pueden ser indicadores tempranos de deterioro neurológico, aumento de la presión intracraneal y otras complicaciones. Además, la pupilometría tiene un valor pronóstico significativo; la presencia de pupilas no reactivas o anisocóricas está asociada a peores pronósticos y a mayores tasas de mortalidad, mientras que pupilas reactivas y simétricas generalmente se correlacionan con mejores resultados neurológicos.

Referencias

[1] S. H. Haddad, and Y. M. Arabi, "Critical care management of severe traumatic brain injury in adults," *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine,* vol. 20, pp. 1-15, 2012.

[2] C.-H. Hsu, and L.-T. Kuo, "Application of pupillometry in neurocritical patients," *Journal of Personalized Medicine,* vol. 13, no. 7, pp. 1100, 2023.

[3] F. Martínez-Ricarte, A. Castro, M. Poca, J. Sahuquillo, L. Expósito, M. Arribas, and J. Aparicio, "Pupilometría por infrarrojos. Descripción y fundamentos de la técnica y su aplicación en la monitorización no invasiva del paciente neurocrítico," *Neurología,* vol. 28, no. 1, pp. 41-51, 2013.

[4] D. Lozano-Elizondo, "Prolífico genio en oftalmología: Albrecht Von Graefe (1828-1870)," *Revista Mexicana de Oftalmología,* vol. 84, no. 2, pp. 132-137, 2010.

[5] D. Godoy, W. Videtta, R. Santa Cruz, X. Silva, S. Aguilera-Rodríguez, J. Carreño-Rodríguez, F. Ciccioli, G. Piñero, J. D. Ciro, and S. da Re-Gutiérrez, "General care in the management of severe traumatic brain injury: Latin American consensus," *Medicina Intensiva (English Edition),* vol. 44, no. 8, pp. 500-508, 2020.

[6] Y. Arevalo-Martinez, E. Cortecero-Sabalza, S. Gil-Barrera, M. A. Morales-Núñez, L. Quintana-Pajaro, and L. R. Moscote-Salazar, "Pupilometría: conceptos fisiológicos y clínicos aplicados al paciente neurocrítico," *Rev. argent. neurocir*, pp. 47-51, 2019.

[7] J. H. Boulter, M. M. Shields, M. R. Meister, G. Murtha, B. P. Curry, and B. A. Dengler, "The expanding role of quantitative pupillometry in the evaluation and management of traumatic brain injury," *Frontiers in neurology,* vol. 12, pp. 685313, 2021.

[8] A. B. Ortiz, and J. H. Lucas, "Utilidad de la pupilometría cuantitativa en la unidad de cuidados intensivos," *Medicina intensiva,* vol. 46, no. 5, pp. 273-276, 2022.

[9] P. Singh, S. E. Stutzman, A. Venkatachalam, D. M. Olson, A. Barnes, and F. D. Atem, "Identificação da velocidade anormal da dilatação de pupila como biomarcador de lesão cerebral em pacientes neurocríticos," *Revista Brasileira de Terapia Intensiva,* vol. 33, no. 3, pp. 412-421, 2021.

[10] A. Stevens, Z. Su, E. Toman, A. Belli, and D. Davies, "Optical pupillometry in traumatic brain injury: neurological pupil index and its relationship with intracranial pressure through significant event analysis," *Brain Injury,* vol. 33, no. 8, pp. 1032-1038, 2019.

[11] E. J. M. Carreño, K. V. M. Suárez, A. L. M. Albán, and J. E. F. Escobar, "Gamificación y el fortalecimiento de ambientes lúdicos interactivos de aprendizaje en la Educación Superior," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 1, pp. 693-704, 2023.

[12] O. M. Cornelio, L. A. Santos, B. B. Fonseca, and K. D. Hernández, "Sistema para la gestión de información como de apoyo al diagnóstico médico basado en mapa cognitivo difuso," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 2, pp. 145-158, 2023.

[13] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[14] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[15] L. G. P. Cordón, "Modelos de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico," Universidad de Jaén, 2008.

[16] M. R. M. Arroyave, A. F. Estrada, and R. C. González, "Modelo de recomendación para la orientación vocacional basado en la computación con palabras [Recommendation models for vocational orientation based on computing with words]," *International Journal of Innovation and Applied Studies,* vol. 15, no. 1, pp. 80, 2016.

[17] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[18] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[19] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[20] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[21] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[22] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[23] M. Saqlain, M. Saeed, M. R. Ahmad, and F. Smarandache, *Generalization of TOPSIS for Neutrosophic Hypersoft set using Accuracy Function and its Application*: Infinite Study, 2019.

[24] N. ValcÃ, and M. Leyva-VÃ, "Validation of the pedagogical strategy for the formation of the competence entrepreneurship in high education through the use of neutrosophic logic and Iadov technique," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 23, pp. 45-51, 2018.

[25] C. M. Villamar, J. Suarez, L. D. L. Coloma, C. Vera, and M. Leyva, *Analysis of technological innovation contribution to gross domestic product based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers*: Infinite Study, 2019.

[26] V. Espín Martín, "Sistemas de recomendación semánticos para la compartición de conocimiento y la explotación de tesauros: Un enfoque práctico en el ámbito de los sistemas nutricionales," 2016.

[27] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[28] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[29] L. Pérez, "Modelo de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico," Tesis doctoral. Universidad de Jaén, 2008.

[30] M. Leyva-Vázquez, M. A. Quiroz-Martínez, Y. Portilla-Castell, J. R. Hechavarría-Hernández, and E. González-Caballero, "A New Model for the Selection of Information Technology Project in a Neutrosophic Environment," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 32, no. 1, pp. 22, 2020.

[31] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[32] N. Batista Hernández, and J. Estupiñán Ricardo, "Gestion empresarial y posmodernidad: Infinite Study," 2018.

[33] K. Pérez-Teruel, M. Leyva-Vázquez, and V. Estrada-Sentí, "Mental Models Consensus Process Using Fuzzy Cognitive Maps and Computing with Words," *Ingenieria y Universidad,* vol. 19, no. 1, pp. 7-22, 2015.

[34] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[35] F. Smarandache, and M. Leyva-Vázquez, *Fundamentos de la lógica y los conjuntos neutrosóficos y su papel en la inteligencia artificial*: Infinite Study, 2018.

[36] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[37] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[38] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[39] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[40] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[41] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[42] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[43] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[44] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[45] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[46] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[47] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 18, 2025. Aceptado: marzo 08, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II

Neutrosophic method to evaluate the CAN network diagnostic methodology of passenger cars equipped with an OBD-II data connection port.

Juan Diego Zurita Vargas [1], Giovanny Vinicio Pineda Silva [2], and Andrés Sebastián Villacrés Quintana [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Ecuador. E-mail: ua.juanzv40@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Ecuador. E-mail: ua.giovannypineda@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Ecuador. E-mail: ua.andresvq05@uniandes.edu.ec

Resumen. En el marco de la evolución tecnológica de la industria automotriz, la integración de sistemas electrónicos avanzados ha derivado en la necesidad de redes de comunicación eficientes y robustas en los vehículos modernos. Por ello, se llevará a cabo una investigación cuyo objetivo es implementar un Método neutrosófico multicriterio para evaluar la metodología para el diagnóstico de la red *Controller Area Network* (CAN) de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II. El protocolo CAN se ha consolidado como la solución estándar, ofreciendo comunicación confiable y eficiente entre los múltiples módulos electrónicos de un vehículo. Gracias a su alta velocidad de transmisión de datos, permite un control en tiempo real de los diversos sistemas, facilitando retroalimentación continua entre los módulos y mejorando la capacidad de diagnóstico del sistema. La metodología a evaluar sigue un enfoque sistemático y escalonado que comienza con la identificación de códigos de falla mediante un escáner automotriz, seguido de mediciones de resistencia y tensiones dominantes con un multímetro, y culmina con el análisis de las formas de onda de las señales *CAN High* y *CAN Low* utilizando un osciloscopio automotriz. Este estudio demostrará que el método aplicado es altamente efectivo para la evaluación integral del estado de la red CAN. La combinación de diferentes técnicas de diagnóstico proporcionará un alto grado de confiabilidad en los resultados obtenidos, validando así la robustez del enfoque utilizado y su pertinencia en el contexto actual de la tecnología automotriz.

Palabras Claves: método neutrosófico multicriterio, CAN, comunicación, módulo, resistencia, tensión

Abstract. In the context of the technological evolution of the automotive industry, the integration of advanced electronic systems has led to the need for efficient and robust communication networks in modern vehicles. Therefore, a research will be carried out with the objective of implementing a Multi-Criteria Neutrosophic Method to evaluate the methodology for the diagnosis of the Controller Area Network (CAN) of passenger vehicles equipped with an OBD-II data connection port. The CAN protocol has established itself as the standard solution, offering reliable and efficient communication between the multiple electronic modules of a vehicle. Thanks to its high data transmission speed, it allows real-time control of the various systems, facilitating continuous feedback between the modules and improving the diagnostic capacity of the system. The methodology to be evaluated follows a systematic and stepwise approach that begins with the identification of fault codes using an automotive scanner, followed by measurements of resistance and dominant voltages with a multimeter, and culminates with the analysis of the waveforms of the CAN High and CAN Low signals using an automotive oscilloscope. This study will demonstrate that the applied method is highly effective for the comprehensive assessment of the CAN network status. The combination of different diagnostic techniques will provide a high degree of reliability in the results obtained, thus validating the robustness of the approach used and its relevance in the current context of automotive technology.

Keywords: multicriteria neutrosophic method, CAN, communication, module, resistance, voltage

1 Introducción

Los avances tecnológicos en la industria automotriz han propiciado una integración cada vez más sofisticada de dispositivos electrónicos en los vehículos. Estos componentes son fundamentales para el diagnóstico y control de diversos sistemas del automóvil, contribuyendo significativamente a la optimización de la seguridad, eficiencia y confort del vehículo [1]. La integración de sistemas electrónicos en los vehículos demanda una comunicación robusta entre dispositivos, ya que estos intercambian información crítica para el funcionamiento óptimo del vehículo.

Para abordar la necesidad de una comunicación eficiente y estandarizada sin redundancia en el cableado, se ha implementado el protocolo de comunicación *Controller Area Network* (CAN). Este protocolo, introducido en la década de 1980 por Bosch, ha sido ampliamente adoptado en la industria automotriz debido a su eficiencia y confiabilidad [2]. El protocolo CAN facilita la transmisión de datos entre diferentes módulos electrónicos del vehículo mediante un bus de comunicación compartido, reduciendo significativamente la complejidad del cableado y mejorando la fiabilidad del sistema [3].

Además de su función primaria como bus de comunicación, el protocolo CAN se utiliza para el diagnóstico del funcionamiento de los módulos electrónicos del vehículo. Los diagnósticos se realizan mediante equipos especializados que se conectan al vehículo, permitiendo la lectura de la información transmitida por los módulos y el registro de cualquier anomalía detectada. Esta capacidad es crucial para el mantenimiento y reparación de vehículos modernos, ya que permite la identificación y resolución eficiente de problemas [4].

La Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) ha establecido el estándar SAE J1939 para la implementación del bus CAN en vehículos de nueva generación. Este estándar proporciona un marco común para la interpretación de los datos transmitidos por los módulos electrónicos, facilitando la interoperabilidad y la estandarización en la industria automotriz [5]. La adopción del estándar SAE J1939 garantiza que los datos críticos del vehículo, como la información del motor y los sistemas de seguridad, se comuniquen de manera precisa y consistente entre los diferentes módulos [6].

Este análisis se centra en la metodología de diagnóstico y comunicación en redes CAN (*Controller Area Network*) dentro de vehículos modernos. Para ello, se explora un estudio de caso específico, enfocándose en el proceso del módulo de control del motor (ECU) para verificar el estado de un vehículo Great Wall H6, llevado a cabo en la ciudad de Ambato.

El conector OBD-II es uno de los extremos del cable adaptador que se conecta al puerto OBD de un vehículo. Funciona como una interfaz de comunicación que permite la transmisión de información entre una herramienta de diagnóstico y el sistema OBD-II del automóvil. Existen dos tipos de conectores OBD-II: los que son con cable y los inalámbricos. El conector con cable debe estar físicamente conectado a la herramienta de escaneo mediante un cable, mientras que los conectores inalámbricos se comunican a través de Bluetooth o WiFi. Este conector está diseñado para leer y traducir información de diagnóstico en tiempo real desde la ECU. Con esto, es posible identificar los problemas del vehículo a partir de los códigos de error que se reciben. Además, facilita el uso de herramientas de escaneo para reprogramar y reparar los diferentes subsistemas del vehículo [7].

Dada la relevancia del tema tratado para la seguridad vehicular, la presente investigación tiene como objetivo implementar un método neutrosófico multicriterio para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II. Con la implementación de este método se pretende obtener datos precisos y confiables sobre los parámetros de conexión establecidos por el fabricante. Los resultados obtenidos no solo facilitarán la toma de decisiones informadas para mejorar el diagnóstico de ECUS del vehículo, sino que también proporcionarán un análisis detallado del comportamiento de cada modificación realizada en el sistema de control del motor.

2. Metodología de diagnóstico y comunicación en redes CAN

La metodología para el diagnóstico y análisis de la red CAN en vehículos modernos sigue un enfoque sistemático y escalonado. Este proceso se puede describir en tres fases principales, cada una con un nivel creciente de complejidad y precisión en la detección de anomalías [2]:

Fase 1: La primera fase consiste en la identificación de códigos de falla mediante un escáner automotriz, figura 1. Este método, aunque eficaz para muchos problemas, puede resultar insuficiente en caso de fallos graves en la red de comunicación, ya que el escáner podría ser incapaz de establecer una conexión con los módulos del vehículo [3].

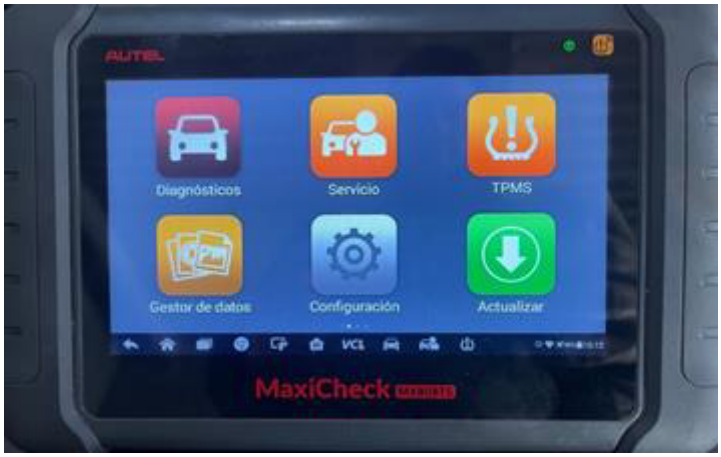


Figura 1. Equipo de diagnóstico Maxicheck.

Fase 2: La segunda fase implica la medición de parámetros eléctricos fundamentales. Utilizando un multímetro, se mide la resistencia de la red y las tensiones dominantes a través del Conector de Enlace de Datos (DLC) del vehículo. Estos datos son cruciales para detectar anomalías en las resistencias terminales de la red o la presencia de cables o módulos defectuosos.

Fase 3: La tercera fase involucra el análisis de la forma de onda de la red CAN. Mediante un osciloscopio automotriz, se obtienen las gráficas de las señales CAN High y CAN Low. Este método proporciona la visualización más detallada y precisa del comportamiento de la red, facilitando la identificación de fallos o funcionamientos anómalos en la comunicación [2,20].

La implementación de la red CAN en vehículos está regulada por una serie de estándares internacionales. La norma ISO 11898-5 especifica la capa física para tasas de transmisión de hasta 1 Mbit/s en sistemas que requieren bajo consumo de energía en estados de inactividad. Esta norma es una extensión de ISO 11898-2, permitiendo la interoperabilidad entre nodos CAN de alta velocidad con y sin funciones de bajo consumo [8].

La transmisión de señales en el bus CAN se realiza a través de dos cables trenzados, denominados CAN High y CAN Low. El bus opera en dos estados: dominante y recesivo. En el estado recesivo, ambos cables mantienen el mismo nivel de tensión, mientras que en el estado dominante se establece una diferencia de tensión de al menos 1.5 V entre CAN High y CAN Low. Esta transmisión diferencial proporciona una robusta protección contra interferencias electromagnéticas [9,21].

Las especificaciones técnicas del bus CAN establecen que la tensión diferencial en modo dominante debe oscilar entre 1.5 y 3V. La flexibilidad en la tensión de modo común permite la interconexión de nodos que operan a diferentes niveles de tensión, incluso en presencia de diferencias de potencial entre sus respectivas tierras [9].

La topología física de la red CAN requiere que los nodos estén interconectados mediante un par de cables trenzados con una impedancia característica de 120 ohmios. Esta configuración no solo facilita la transmisión de señales de alta velocidad, sino que también refuerza la protección contra interferencias electromagnéticas externas [10,22].

Esta metodología estructurada y los estándares técnicos asociados proporcionan un marco robusto para el diagnóstico, análisis y mantenimiento de las redes CAN en vehículos modernos, asegurando la fiabilidad y eficiencia de los sistemas de comunicación automotriz.

Para poder acceder a la red multiplexada y la información de los distintos módulos, se requiere de un puerto. En el caso de un vehículo es el puerto OBD 2, para el Haval H6 el cual es objeto de este análisis, posee seis pines habilitados:

Pin 4 y 5: Masa
Pin 6: CAN High
Pin 7: ECU ABS (pin 17), ECU EPS (pin 6), ECU motor (pin 71)
Pin 14: CAN Low
Pin 16: Alimentación

Los módulos que se encuentran conectados a la red CAN son los siguientes: Panel de instrumentos, BCM, ESP, ECU del radar, Sensor de rotación, ECU del airbag, ajuste de, altura de faros, aire acondicionado, ECU del motor, Controlador PEPS, y encendido sin llave.

En este estudio se pretende evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II a partir de la implementación de un método neutrosófico multicriterio. Luego, se realizará una implementación práctica de la metodología para correlacionar ambos resultados.

3 Diseño del método neutrosófico multicriterio para evaluar la metodología de diagnóstico de la

red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II

Actividad 1: Identificación los indicadores de evaluación

Representa el conjunto de criterios que se evalúan sobre el uso, utilidad y eficacia de la metodología de diagnóstico de la red CAN. El conjunto de criterios representan un parámetro de entrada del método propuesto, se sustenta mediante un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\}$, n ≥ 2, indicadores que representan los criterios evaluativos.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios evaluativos

En esta actividad se determinan los vectores de pesos asociados a los criterios. Representa un parámetro para el proceso de inferencia [11]. Se basa en un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\}$, $m \geq 2$, donde E, representa los expertos que determinan los vectores de pesos asociados a los criterios evaluativos.

Actividad 3: Evaluación de los criterios

La actividad representa el procesamiento del método de inferencia para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN. El procesamiento de los datos se realiza mediante la ponderación lineal neutrosófica [12, 13,23] que constituye un método multicriterio. La ponderación lineal neutrosófica representa una alternativa a los métodos multicriterios clásicos. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 1.

$$R_i = \sum_j W_j \, r_{ij} \tag{1}$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto m de alternativas y *n* criterios [14]. Para cada criterio *j* el decisor estima cada alternativa *i*. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio [15]. Se asigna un peso $W_j (j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j.

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [16]. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [13, 17]. Un número neutrosófico (N) se representa de la siguiente forma [18,24]:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$, una evaluación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia *p* se tiene:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{2}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 3.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)} \, r_{ij(T,I,F)} \tag{3}$$

Donde:

- $R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- $W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_j$ asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- r_{ij}: representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

4 Resultados y discusión

A continuación se realiza una descripción de la corrida por etapa del Método neutrosófico multicriterio para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN. Se realizará en vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II.

Actividad 1: Identificación los criterios para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN

Para la identificación de criterios que evalúen la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II, se consultó a un panel de expertos altamente calificados en el ámbito de la automoción y la electrónica automotriz. Este panel está compuesto por ingenieros en sistemas automotrices, técnicos de diagnóstico con experiencia en redes de comunicación de vehículos, y académicos especializados en metodologías de diagnóstico y evaluación de sistemas electrónicos. Cada experto aporta un conjunto diverso de conocimientos y experiencias que permiten abordar la complejidad del diagnóstico de fallas en la red CAN, asegurando así la validez y relevancia de los criterios que se establecerán para evaluar la eficacia, utilidad y calidad de la metodología. La combinación de perspectivas prácticas y teóricas de estos profesionales garantizará una evaluación integral y fundamentada. La tabla 1 muestra los criterios resultantes.

Tabla 1: Criterios para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto OBD-II.

No	Criterio
C_1	Eficiencia en la identificación de fallas: Capacidad de la metodología para identificar rápidamente códigos de falla y problemas en la red CAN.
C_2	Precisión del diagnóstico: Grado de exactitud en la localización de fallas específicas a partir de los códigos de error proporcionados.
C_3	Amplitud de aplicación: Versatilidad en la aplicación de la metodología a diferentes modelos y marcas de vehículos.
C_4	Facilidad de uso: Grado de complejidad en la operatividad de las herramientas de diagnóstico requeridas.
C_5	Calidad de los parámetros medidos: Fiabilidad y exactitud de las mediciones eléctricas realizadas durante la Fase 2.
C_6	Profundidad del análisis: Capacidad del análisis de forma de onda para detectar problemas que no son evidentes en las fases anteriores.
C_7	Conformidad con normativas: Alineación de la metodología con los estándares internacionales, como la norma ISO 11898-5.
C_8	Capacidad de detección de anomalías ocultas: Efectividad en la identificación de fallas no evidentes que podrían pasar desapercibidas.
C_9	Reactividad en casos críticos: Habilidad para adaptarse y proporcionar diagnósticos efectivos en situaciones de fallo grave en la red.
C_{10}	Reporte: Calidad y claridad de la documentación generada durante el diagnóstico.
C_{11}	Interoperabilidad de herramientas: Capacidad de la metodología para integrarse con diferentes herramientas de diagnóstico existentes.
C_{12}	Durabilidad de las soluciones propuestas: Eficacia de las soluciones recomendadas para prevenir la recurrencia de fallas.
C_{13}	Costo-beneficio: Análisis de la relación entre los costos de implementación y los beneficios obtenidos.
C_{14}	Entrenamiento necesario: Cantidad y tipo de formación requerida para que los técnicos utilicen eficazmente la metodología.
C_{15}	Impacto en el tiempo de diagnóstico: Evaluación de si la metodología reduce el tiempo necesario para el diagnóstico en comparación con métodos tradicionales.
C_{16}	Adaptabilidad a mejoras tecnológicas: Flexibilidad de la metodología para incorporar nuevas tecnologías y técnicas de diagnóstico.
C_{17}	Rigor técnico: Fundamentación teórica y práctica de los métodos utilizados, asegurando una base sólida en la ciencia de datos.
C_{18}	Satisfacción del usuario final: Evaluación de la percepción y satisfacción de los técnicos y mecánicos respecto a los resultados y efectividad de la metodología.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios evaluativos

La actividad emplea un enfoque multiexperto para la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II. La actividad representa la base para el procesamiento de las inferencias. La escala de términos lingüísticos a utilizar se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Escala de términos lingüísticos.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

La tabla 3 muestra el resultado de los vectores de pesos atribuidos a los criterios evaluativos.

Tabla 3: Pesos asociados a los criterios evaluativos.

Criterios evaluativos	Pesos neutrosófico asociados
C_1	(0.70,0.25,0.30)
C_2	(0.8,0,15,0.20)
C_3	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	(0.70,0.25,0.30)
C_5	(1,0,0)
C_6	(0.8,0,15,0.20)
C_7	(0.9, 0.1, 0.1)
C_8	(1,0,0)
C_9	(0.8,0,15,0.20)
C_{10}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{11}	(0.70,0.25,0.30)
C_{12}	(0.8,0,15,0.20)
C_{13}	(0.70,0.25,0.30)
C_{14}	(1,0,0)
C_{15}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{16}	(0.8,0,15,0.20)
C_{17}	(0.70,0.25,0.30)
C_{18}	(0.8,0,15,0.20)

Actividad 3: Evaluación de los criterios para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN

Para obtener los resultados a partir de los métodos propuestos se hace uso de la Neutrosofía y en particular de la escala lingüística, S, $v_{kj} \in S$, donde; $S=\{s_1,\ldots,s_g\}$ es el conjunto de término lingüísticos definidos para evaluar las características c_k utilizando los números Neutrosóficos de Valor Único (SVN), para el análisis de los términos lingüísticos resultantes. El análisis se realiza a partir de la escala de términos lingüísticos y los resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Tabla para determinar las preferencias sobre los criterios evaluativos.

Criterios evaluativos	Valor Neutrosófico
C_1	(1,0,0)
C_2	(1,0,0)
C_3	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	(0.9, 0.1, 0.1)
C_5	(1,0,0)

Criterios evaluativos	Valor Neutrosófico
C_6	(1,0,0)
C_7	(0.70,0.25,0.30)
C_8	(0.9, 0.1, 0.1)
C_9	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{10}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{11}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{12}	(1,0,0)
C_{13}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{14}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{15}	(0.70,0.25,0.30)
C_{16}	(1,0,0)
C_{17}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{18}	(1,0,0)

A partir de la Ponderación Lineal Neutrosófica propuesta para el método, se realiza el cálculo para evaluar la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II. La tabla 5 nuestra los datos y el resultado del procesamiento a partir del cálculo de la ecuación 3.

Tabla 5: Resultados del procesamiento.

Criterios	Valor neutrosófico de preferencia	Vector de peso neutrosófico	Inferencia
C_1	(1,0,0)	(0.70,0.25,0.30)	(0.85,0,15,0.20)
C_2	(1,0,0)	(0.8,0,15,0.20)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_3	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.70,0.25,0.30)	(0.8,0,15,0.20)
C_5	(1,0,0)	(1,0,0)	(1,0,0)
C_6	(1,0,0)	(0.8,0,15,0.20)	(0.95, 0.1, 0.1)
C_7	(0.70,0.25,0.30)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.8,0,15,0.20)
C_8	(0.9, 0.1, 0.1)	(1,0,0)	(0.95, 0.1, 0.1)
C_9	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.8,0,15,0.20)	(0.85,0,15,0.20)
C_{10}	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{11}	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.70,0.25,0.30)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{12}	(1,0,0)	(0.8,0,15,0.20)	(0.85,0,15,0.20)
C_{13}	(1,0,0)	(0.70,0.25,0.30)	(0.85,0,15,0.20)
C_{14}	(1,0,0)	(1,0,0)	(1,0,0)
C_{15}	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{16}	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.8,0,15,0.20)	(0.85,0,15,0.20)
C_{17}	(1,0,0)	(0.70,0.25,0.30)	(0.85,0,15,0.20)
C_{18}	(1,0,0)	(0.8,0,15,0.20)	(0.9, 0.1, 0.1)
Inferencia RYGB			(0.91, 0.1, 0.1)

A partir de la inferencia obtenida, se concluye que la evaluación de la metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II, es Muy Bueno, con un índice de 0.913.

Para correlacionar este resultado, se implementó la metodología de diagnóstico de la red CAN, en un vehículo de turismo Haval H6, equipado con un puerto de conexión de datos OBD-II. El protocolo OBDII permite detectar fallas y transmitirlas al usuario mediante códigos de falla. En este caso se arrojó 4 códigos de error, como se ve en la figura 2, en un módulo sin embargo ninguno tiene relación con el correcto funcionamiento de la red CAN.

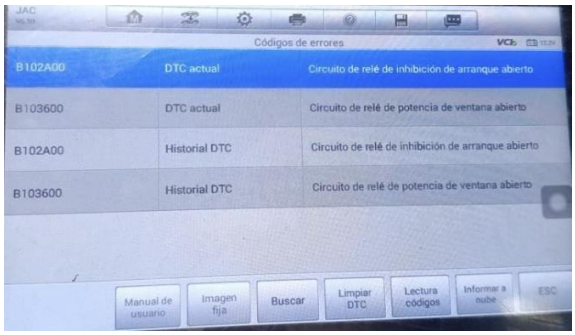


Figura 2. Escaneo Automotriz.

Al realizar el segundo paso de la metodología expuesta se midió la resistencia de la red CAN entre los pines 14 y 6, obteniendo un valor de 58,4 Ω. Al detectar una resistencia coherente con los manuales del fabricante se procede a realizar una medición de voltaje tanto, se seleccionó el rango y la función necesarios, y se observó que la tensión del CAN *high* es de 2,56V, y el CAN *low* presenta una señal con un voltaje de 2,4 V. Por lo tanto existe una diferencia de tensión de 0,16V, y entre los dos suman un total de 4,96V, lo cual está dentro del rango normal de operación.

Como último proceso se conecta el osciloscopio en el conector OBD-II. Se emplean dos canales cuyo terminal positivo se conecta a los pines 6 y 14, mientras que se conecta una masa común a lo pines 4 o 5. Debido a que el vehículo posee varios sistemas activos a pesar de estar apagado, se perciben dos curvas, uno de alta velocidad y otro de baja; ambas señales son un reflejo recíproco. La sumatoria de las tensiones máximas de ambos debe ser de aproximadamente 5V.

La señal transmitida por los módulos varía dependiendo de la posición de la llave de encendido. Cuando el vehículo está apagado, la señal es corta y de menor frecuencia, debido a que los únicos módulos activos, son los encargados de la alarma y sistemas auxiliares y de confort del vehículo. En esta prueba fue evidente la variación de la señal, siendo la parte de menor frecuencia y más datos, la señal con el vehículo en contacto, mientras que la de mayor frecuencia y menos datos es la del vehículo en reposo total. Los resultados mostraron a muestra a 2V por división, por lo que las tensiones de la señal son las siguientes:

CAN *High*: 2,5-3,75V

CAN *Low*: 1,25-2,5V

Para poder comprobar que existe una variación de la señal dependiendo de las acciones que se toman dentro del vehículo. Se analizó la señal CAN con el vehículo en estado de reposo total con las luces encendidas, obteniendo la gráfica de la figura 3.

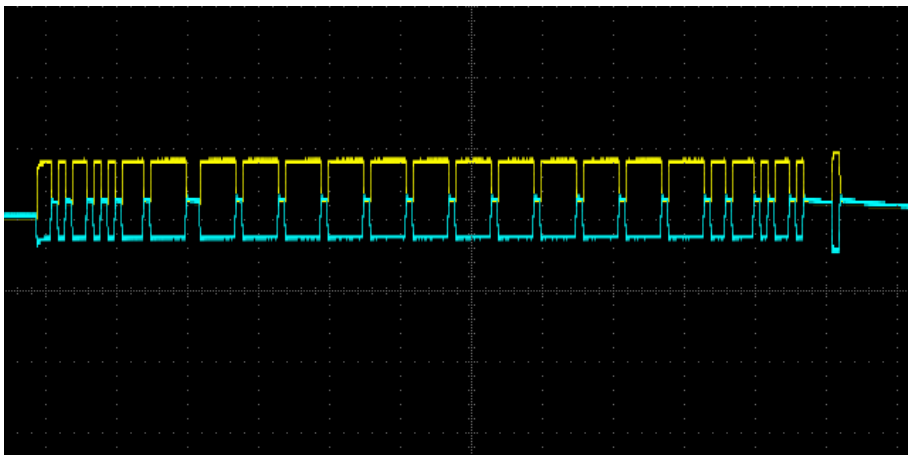


Figura 3. Señal luces encendidas.

De igual manera se realizó una medición con el vehículo en reposo total y con las luces apagadas, obteniendo la señal de la figura 4.

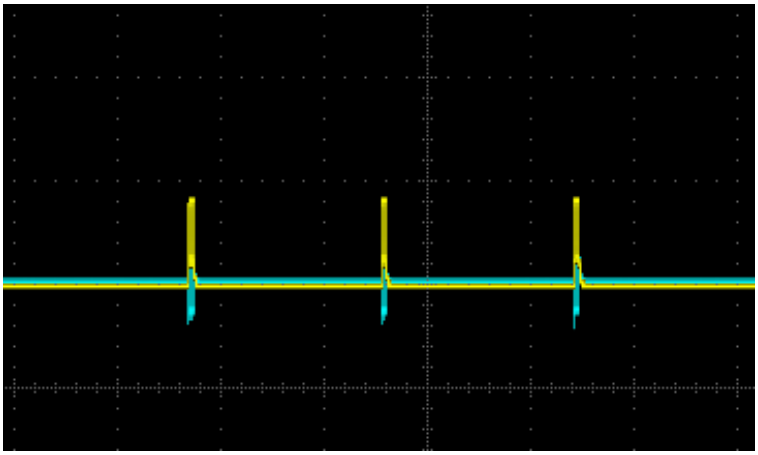


Figura 4. Señal vehículo en reposo.

Es evidente que existe una variación en la distancia de cada trama de datos. Esto demuestra que la red CAN está transmitiendo de forma correcta los mensajes correspondientes al control de intensidad de las luces. La escala de tiempo es de 5ms por división, por lo que se puede observar que con las luces apagadas, el espacio entre la primera y segunda trama de datos es de 10ms mientras que entre la segunda y tercera es de 9ms. Cuando se encienden las luces medias, este tiempo de espera entre tramas es distinto, siendo entre la primera y segunda un tiempo de 2 ms y entre la segunda y tercera es de 7ms. Con el osciloscopio se pudo obtener la velocidad de transmisión de datos, al medir la frecuencia del bit de datos más pequeño. La velocidad de transmisión de datos de la red CAN del vehículo es de 526,3 kbps.

La implementación práctica de la metodología de diagnóstico de la red CAN en el vehículo Haval H6 ha demostrado una sólida correlación con los resultados obtenidos del método neutrosófico, que evaluó dicha metodología como Muy Buena. Durante la aplicación del protocolo OBD II, se registraron cuatro códigos de error, aunque ninguno relacionado con el correcto funcionamiento de la red CAN, lo que resalta la necesidad de un análisis más profundo del sistema. En la segunda fase, las mediciones eléctricas revelaron una resistencia de 58,4 Ω, lo cual está conforme con los estándares del fabricante, y se obtuvieron tensiones de operación dentro del rango normal (CAN High a 2,56 V y CAN Low a 2,4 V). En la fase final, el osciloscopio proporcionó una visualización precisa de las señales de la red, demostrando que las variaciones en la señal coinciden con las diferentes condiciones operativas del vehículo, como el encendido de las luces. Este análisis culminó con una velocidad de transmisión de datos de 526,3 kbps, corroborando la estabilidad y funcionalidad de la red CAN. Estos resultados prácticos validan las conclusiones teóricas del método neutrosófico, evidenciando la eficacia y calidad de la metodología en contextos reales de diagnóstico automotriz. Así, la sólida relación entre los hallazgos del método neutrosófico y las mediciones prácticas refuerza la utilidad de esta metodología como herramienta de evaluación en el diagnóstico de redes CAN.

5 Discusión

La medición de la velocidad de transmisión de datos reveló un valor aproximado de 526,3 kbps. Este hallazgo es consistente con la literatura científica reciente. En [10] se establece que las redes CAN en automóviles típicamente operan en un rango de velocidades que oscila entre 250 kbps y 500 kbps, variando en función de la prioridad asignada a los diferentes mensajes transmitidos.

La velocidad observada en este estudio se encuentra ligeramente por encima del límite superior de este rango, lo cual podría indicar una implementación de alta eficiencia o requisitos específicos de comunicación en este modelo de vehículo; en cuanto a la integridad física de la red, se realizó una medición de resistencia a través del puerto OBD-II, en [10]se señala que, en una red CAN correctamente configurada, esta medición debería arrojar un valor de 60 Ω. Este valor esperado se deriva de la configuración estándar de la red, que incluye dos resistencias terminales de 120 Ω cada una, conectadas en paralelo en los extremos del bus CAN. La medición obtenida en el vehículo estudiado fue de 58,4 Ω, lo cual se encuentra notablemente cerca del valor teórico ideal.

Las mediciones con multímetro arrojaron valores de tensión de 2,56 V para CAN High y 2,4 V para CAN Low, con una suma total de 4,96 V. Estos resultados se alinean estrechamente con los parámetros establecidos en la literatura científica. En [10] se postula que las tensiones de CAN High y CAN Low deben aproximarse a 2,5 V individualmente, y que la suma de ambas debe ser 5 V, con una tolerancia de ±0,5 V. La desviación observada de solo 0,04 V respecto al valor ideal de 5 V se encuentra bien dentro del rango de tolerancia aceptable, lo cual sugiere un estado óptimo de la red CAN.

El análisis oscilográfico proporcionó una visión más dinámica de las señale. Se observó que la señal CAN High opera en un rango de tensión de 2,5 V a 3,75 V, mientras que la señal CAN Low fluctúa entre 1,25 V y 2,5 V. Estos rangos de operación se comparan favorablemente con los valores de referencia citados en la literatura,

que establecen rangos normales de 2,5 V a 3,5 V para CAN High y de 1,5 V a 2,5 V para CAN Low, con una tolerancia de ±0,5 V [10].

Al realizar la prueba de impedancia en el puerto OBDII con el vehículo apagado se obtiene el valor de 58,4 ohmios. En [19] se menciona que la impedancia entre los pines 6 y 14 de la red can debe ser un valor de 60 ohmios. De tener un valor superior, significa que algún modulo conectado a la red se encuentra con un problema o en circuito abierto. Otra prueba realizada en la red CAN es la tensión tanto con el osciloscopio y el multímetro automotriz dando los valores en CAN High de 2.56V y en CAN Low de 2.4V dando una suma total de 4.96V. Acorde a la investigación de [19], la tensión en CAN High debe ser de 2.56 V y en CAN Low de 2.35 V, sumando un total de 4.91 V, mencionando así que el vehículo no presenta daños en la red CAN del vehículo. [26]

6 Conclusión

La metodología de diagnóstico de la red CAN de vehículos de turismo equipados con un puerto de conexión de datos OBD-II empleada en este estudio, que combina el uso de un escáner automotriz, mediciones con multímetro y análisis oscilográfico, fue evaluada como Muy Buena para la evaluación integral del estado de la red CAN en el vehículo Great Wall Haval H6. Esta aproximación escalonada y multifacética permitió no solo confirmar la ausencia de códigos de falla, sino también verificar los parámetros eléctricos críticos y visualizar directamente las señales de comunicación. La convergencia de estos diferentes métodos de diagnóstico proporciona un alto grado de confiabilidad en los resultados obtenidos, validando así la robustez de la metodología aplicada.

Basado en el análisis el sistema de red *Controller Area Network* (CAN) convencional, opera a una velocidad de transmisión de datos de 526,3 kbps. Esta red interconecta una amplia gama de módulos críticos, incluyendo el Control Electrónico de Estabilidad (ESP), el Módulo de Control de la Carrocería (BCM), el tablero de instrumentos, la Unidad de Control Electrónico (ECU) del radar, el sensor de rotación, la ECU del airbag, el sistema de ajuste de altura de faros, el control de aire acondicionado, la ECU del motor, el sistema multimedia MP5 y el controlador de encendido sin llave.

La topología de la red CAN en este vehículo se confirma como de tipo bus, una configuración que optimiza la eficiencia en la transmisión de datos. Las mediciones de las tensiones dominantes en los cables de la red arrojan valores de 2.56 V para CAN High y 2.4 V para CAN Low, que se encuentran dentro de los parámetros establecidos para una red en óptimas condiciones de funcionamiento.

Las ventajas inherentes de la arquitectura CAN se manifiestan claramente en este vehículo. La eficiencia en la transmisión de datos, la robustez frente a interferencias electromagnéticas, y la capacidad de interconectar múltiples módulos con un mínimo de cableado contribuyen significativamente a la optimización del peso del vehículo y a la fiabilidad del sistema eléctrico/electrónico en su conjunto.

Referencias

[1] K. Scott, "The importance of automotive diagnostics in the search of excellence." pp. 27-30.

[2] Y. Cherdo, B. Miramond, A. Pegatoquet, and A. Vallauri, “Unsupervised anomaly detection for cars CAN sensors time series using small recurrent and convolutional neural networks,” *Sensors,* vol. 23, no. 11, pp. 5013, 2023.

[3] M. Bozdal, M. Samie, S. Aslam, and I. Jennions, “Evaluation of can bus security challenges,” *Sensors,* vol. 20, no. 8, pp. 2364, 2020.

[4] R. Bostelman, and W. Shackleford, "Improved performance of an automated guided vehicle by using a smart diagnostics tool." pp. 1688-1693.

[5] M. D. Hossain, H. Inoue, H. Ochiai, D. Fall, and Y. Kadobayashi, “LSTM-based intrusion detection system for in-vehicle can bus communications,” *Ieee Access,* vol. 8, pp. 185489-185502, 2020.

[6] Z. Sun, Z. Wang, P. Liu, Z. Qin, Y. Chen, Y. Han, P. Wang, and P. Bauer, “An online data-driven fault diagnosis and thermal runaway early warning for electric vehicle batteries,” *IEEE transactions on power electronics,* vol. 37, no. 10, pp. 12636-12646, 2022.

[7] K. Khorsravinia, M. K. Hassan, R. Z. A. Rahman, and S. A. R. Al-Haddad, "Integrated OBD-II and mobile application for electric vehicle (EV) monitoring system." pp. 202-206.

[8] ISO, "ISO 11898-5:2007. https://www.iso.org/standard/41284.html," 2017.

[9] J. Velásquez-Aguilar, F. Aquino-Roblero, M. Limón-Mendoza, L. Cisneros-Villalobos, and A. Zamudio-Lara, "Multi-channel data acquisition and wireless communication FPGA-based system, to real-time remote monitoring." pp. 181-186.

[10] M. O.-J. C.-P. Urgilés, “Diagnóstico de problemas en la Red CAN de una bomba VP 44 y la Unidad de Control de un motor 4JH1,” 2021.

[11] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, “Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[12] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, "Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.

[13] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[14] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[15] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[16] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[17] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[18] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[19] T. Robertson, *Network diagnostic flow chart-how to troubleshoot vehicle level CAN communication and CAN diagnostic issues on Nissan and Infinity vehicles,* 0148-7191, SAE Technical Paper, 2014.

[20] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[21] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[22] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[23] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[24] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[25] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[26] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 18, 2025. Aceptado: marzo 08, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Evaluación neutrosófica para la evaluación en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico

Neutrosophic assessment for evaluation in the nursing care of patients with immediate postoperative gastric bypass surgery complications

Katheryn Mishel Guamushig Jaque [1], Nairovys Gómez Martínez [2], and Adisnay Rodríguez Plasencia [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ea.katherynmgj00@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.nairovysgomez@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.adisnayrodriguez@uniandes.edu.ec

Resumen. La obesidad es un factor de riesgo que puede desencadenar diversas enfermedades y, en su forma mórbida, es una de las principales causas de muerte. El tratamiento inicial consiste en adoptar una alimentación saludable y realizar actividad física. Sin embargo, cuando estas medidas no son suficientes, se consideran intervenciones quirúrgicas, siendo el bypass gástrico uno de los métodos más efectivos. Este procedimiento no solo muestra resultados positivos en la pérdida de peso, sino que también mejora el metabolismo y favorece la liberación adecuada de insulina, lo que reduce las complicaciones asociadas a la diabetes. Este estudio tiene como objetivo desarrollar un método para evaluar la atención de enfermería en pacientes que presentan complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato tras un bypass gástrico. La evaluación neutrosófica se presenta como una herramienta valiosa para ofrecer un cuidado específico y directo a estos pacientes, asegurando que se aborden todas sus necesidades. Además, se proporcionará educación personalizada sobre los cuidados postquirúrgicos, con el fin de garantizar su confort y promover una recuperación efectiva, lo que contribuirá a reducir los días de hospitalización.

Palabras Claves: método neutrosófico, evaluación, atención de enfermería, pacientes con complicaciones quirúrgicas.

Abstract. Obesity is a risk factor that can trigger various diseases and, in its morbid form, is one of the main causes of death. The initial treatment consists of adopting a healthy diet and doing physical activity. However, when these measures are not sufficient, surgical interventions are considered, with gastric bypass being one of the most effective methods. This procedure not only shows positive results in weight loss, but also improves metabolism and promotes adequate insulin release, which reduces complications associated with diabetes. This study aims to develop a method to evaluate nursing care in patients who present surgical complications in the immediate postoperative period after gastric bypass. Neutrosophic assessment is presented as a valuable tool to offer specific and direct care to these patients, ensuring that all their needs are addressed. In addition, personalized education on post-surgical care will be provided to ensure your comfort and promote effective recovery, which will contribute to reducing the number of days of hospitalization.

Keywords: neutrosophic method, evaluation, nursing care, patients with surgical complications.

1 Introducción

La obesidad se ha convertido en una epidemia global, y según la Organización Mundial de la Salud (OMS), tanto el sobrepeso como la obesidad, definidos como un aumento anormal de grasa corporal, están asociados con un incremento significativo en el riesgo de desarrollar diversas patologías. Estas incluyen enfermedades crónicas como apnea obstructiva del sueño, diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares e hipertensión, y en ciertos casos, la obesidad puede ser un factor que contribuya al desarrollo de cáncer en distintos órganos, como próstata, hígado, vesícula biliar, riñón, colon, endometrio, mama y ovarios [1].

Considerada una de las principales causas de muerte a nivel mundial, la obesidad mórbida, caracterizada por un índice de masa corporal (IMC) superior a 40, puede provocar graves complicaciones, como hemiplejía, taquicardia, desmayos e infertilidad en hombres y mujeres. Con un aumento del 25% en la prevalencia de personas con exceso de peso, se han buscado soluciones efectivas. En particular, se han implementado procedimientos quirúrgicos para aquellos pacientes que presentan un IMC superior a 40, siendo opciones como la banda gástrica, el bypass gástrico en Y de Roux (RYGB), la gastrectomía en manga (SG), y la derivación biliopancreática con cruce duodenal. Estos procedimientos han demostrado ser efectivos para reducir el riesgo de diabetes y hipertensión [2].

A medida que la tecnología avanza, también lo hacen los métodos quirúrgicos, destacándose las técnicas menos invasivas y los procedimientos endoscópicos. Según el National Health Service (NHS), antes de cualquier intervención quirúrgica es crucial que los pacientes cumplan con ciertos criterios de inclusión, como tener un IMC entre 35 y 40 y padecer enfermedades graves incontrolables. Además, es fundamental que los pacientes estén comprometidos con un tratamiento continuo post-quirúrgico y que se realicen los exámenes necesarios antes de inducir la anestesia general [3,36].

Entre las complicaciones posquirúrgicas, se ha observado que una valoración inadecuada por parte del cirujano puede contribuir a resultados adversos. Un estudio realizado con 508 pacientes sometidos a bypass gástrico reveló que el 69.5% eran mujeres y el 30.5% hombres, con pesos preoperatorios que variaban entre 80 y 230 kg y un IMC de 34 a 78. Los resultados mostraron que las complicaciones en las primeras cuatro semanas son relativamente menores. Sin embargo, se reportaron efectos secundarios como oliguria, problemas cardiacos, alteraciones en los niveles de glucosa y un aumento en la estancia hospitalaria, lo que incrementa el riesgo de infecciones nosocomiales.

Los procedimientos quirúrgicos como el RYGB, la gastrectomía vertical en manga (VSG) y la derivación biliopancreática (BPD) han demostrado intervenir de manera significativa en el metabolismo, especialmente en el control de la insulina en pacientes diabéticos. Estas cirugías son cruciales no solo para tratar la obesidad, sino para prevenir enfermedades crónicas y potencialmente mortales [4].

Es importante reconocer que no todos los pacientes pueden acceder a estos procedimientos, ya que generalmente se llevan a cabo en clínicas privadas, aunque en ocasiones se realizan en hospitales públicos. La cirugía de bypass gástrico implica la resección de partes del estómago y del intestino, lo que permite abordar la obesidad y las patologías metabólicas asociadas al reducir la ingesta de alimento y la absorción de nutrientes. La técnica laparoscópica utilizada requiere habilidades específicas del cirujano para minimizar las complicaciones postquirúrgicas, que pueden incluir obstrucción intestinal y hernias internas.

Las complicaciones como la obstrucción intestinal suelen manifestarse dentro de los primeros 30 días después de la cirugía. Las investigaciones han indicado que estas complicaciones a menudo son el resultado de una mala valoración preoperatoria y quirúrgica. Por lo tanto, el personal de enfermería desempeña un papel esencial en la identificación temprana de signos y síntomas de complicaciones a través de una valoración exhaustiva antes de la anestesia. Esto incluye la revisión de la historia clínica y la evaluación de los exámenes complementarios correspondientes [5,37].

La relación enfermera-paciente es fundamental para establecer un ambiente de confianza y comunicación terapéutica, solicitando empatía y entendimiento de las necesidades emocionales, espirituales y físicas del paciente antes de la intervención. Esto puede incluir la necesidad de apoyo psicológico, dado que los retos de la obesidad y la cirugía pueden tener un impacto a largo plazo en el bienestar mental del paciente [6].

La implementación de métodos neutrosóficos para el personal de enfermería se propone con el objetivo de enfatizar los cuidados esenciales que deben brindarse a los pacientes en el periodo posquirúrgico tras un bypass gástrico, garantizando así su recuperación efectiva y el manejo adecuado de posibles complicaciones.

1.1 Preliminares

La investigación titulada “Evaluación neutrosófica para la evaluación en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico” se enmarca en un contexto donde la obesidad ha alcanzado niveles epidémicos, estableciéndose como un importante factor de riesgo para una serie de condiciones de salud graves, incluyendo enfermedades cardiovasculares y diabetes mellitus. En su forma mórbida, la obesidad se convierte en una de las principales causas de mortalidad en diversas poblaciones.

A continuación, se presentan las principales definiciones asociadas a esta investigación:

Obesidad: Condición caracterizada por un exceso de grasa corporal, que se determina frecuentemente mediante el índice de masa corporal (IMC). Se clasifica en obesidad leve, moderada y mórbida, siendo esta última una contraindicación significativa para múltiples intervenciones de salud y opcionalmente conduciendo a complicaciones graves.

Bypass Gástrico: Procedimiento quirúrgico bariátrico que implica la creación de un pequeño estómago y la conexión directa del intestino delgado a este, reduciendo la capacidad de absorción de los nutrientes y limitando la ingesta de alimentos. Este método ha demostrado ser eficaz para la pérdida de peso y la mejora de condiciones metabólicas asociadas a la obesidad, como la diabetes.

Complicaciones Quirúrgicas: Se refiere a cualquier evento adverso que surge durante o después de un procedimiento quirúrgico, que puede incluir infecciones, hemorragias, problemas en la herida quirúrgica, obstrucción intestinal, entre otras. La identificación y manejo temprano de estas complicaciones son esenciales para la recuperación del paciente.

Atención de Enfermería: Conjunto de acciones ejecutadas por profesionales de enfermería para proporcionar cuidados a los pacientes, que incluyen la evaluación, diagnóstico, planificación, intervención y seguimiento de los cuidados realizados. En el contexto de pacientes postquirúrgicos, la atención de enfermería es fundamental para monitorear signos vitales, evaluar el bienestar del paciente y detectar posibles complicaciones.

Evaluación Neutrosófica: Herramienta de evaluación que integra el enfoque neutrosófico, donde se busca obtener una comprensión holística del estado del paciente considerando factores físicos, emocionales y sociales. Este método permite abordar de manera integral las necesidades del paciente, facilitando la identificación de áreas que requieren atención específica y educación sobre los cuidados postoperatorios.

Este estudio tiene como objetivo desarrollar un método de evaluación que asegure una atención integral y personalizada en el contexto de la atención de enfermería, optimizando así la recuperación y minimizando el riesgo de complicaciones en los pacientes sometidos a bypass gástrico. La implementación de la evaluación neutrosófica promete ofrecer un cuidado más específico y centrado en el paciente, fomentando un entorno que facilite su recuperación y bienestar.

2 Evaluación neutrosófica para la evaluación en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico

Para la evaluación en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico, se utilizó un método que basa su funcionamiento mediante números neutrosóficos para modelar la incertidumbre. Está soportado a partir de técnicas multicriterio, donde se modelan los indicadores para la evaluación en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico. El método utiliza para la inferencia la Ponderación Lineal Neutrosófica [7,38]. El método está diseñado mediante una estructura de tres actividades que en su conjunto determinan el análisis de la incidencia.

Actividad 1: Identificación los criterios para la evaluación en la atención de enfermería

Representa el conjunto de criterios para la evaluación en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico. El conjunto de criterios representan un parámetro de entrada del método propuesto, se sustenta mediante un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\}$, n ≥ 2, representan los criterios evaluativos.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios de evaluativos

El proceso de determinación de los pesos, representa la actividad que determinar los vectores de pesos asociados a los criterios [8]. Representa un parámetro para el proceso de inferencia. Se basa en un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\}$, $m \geq 2$, donde E, son los expertos que determinan los vectores de pesos asociados a los criterios de incidencia

Actividad 3: Evaluación de los criterios para la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico

La actividad representa el procesamiento del método de inferencia para determinar la evaluación en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico . El procesamiento de los datos se realiza mediante la ponderación lineal neutrosófica [9],[10], [11] que constituye

un método multicriterio [12-14]. La ponderación lineal neutrosófica representa una alternativa a los métodos multicriterios clásicos [15]. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 1.

$$R_i = \sum_j W_j \, r_{ij} \tag{1}$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto m de alternativas y n criterios[16-18] . Para cada criterio j el decisor estima cada alternativa i. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio [19], [20]. Se asigna un peso $W_j(j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j.

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [21], [22], [23]. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [24, 25]. Un número neutrosófico (N) se representa de la siguiente forma [26]:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$, una evaluación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene [27-29]:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{2}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 3.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)} \, r_{ij(T,I,F)} \tag{3}$$

Donde:

- $R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- $W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_j$ asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- r_{ij}: representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

3 Implementación del método para la evaluación en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico

A continuación se realiza una descripción de la corrida por etapa del método neutrosófico multicriterio para la evaluación en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico .

Actividad 1: Identificación los criterios para la evaluación en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico

En el presente estudio sobre la evaluación en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico, se consultó a cinco expertos (E) en medicina veterinaria, cada uno con amplia experiencia en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades felinas.

Los criterios de inclusión para estos expertos incluyeron tener al menos 5 años de experiencia, haber trabajado directamente en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico, y haber participado en investigaciones o publicaciones sobre la temática. Esto garantizó la relevancia y profundidad del conocimiento aportado por cada uno en el estudio. La tabla 1 muestra los criterios resultantes.

Tabla 1: Criterios para la evaluación en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico.

No	Criterios evaluativos	Descripción
C_1	Signos Vitales	Monitoreo continuo de los signos vitales (frecuencia cardíaca, presión arterial, frecuencia respiratoria y temperatura) es esencial para detectar cualquier alteración que indique una complicación, como hemorragias internas o infecciones. Un cambio significativo en estos parámetros puede ser indicativo de una situación crítica.
C_2	Evaluación del Dolor	Valorar y registrar el nivel de dolor del paciente utilizando una escala de dolor estandarizada. El dolor puede indicar complicaciones como obstrucción intestinal, fístulas, o problemas relacionados con las suturas. La percepción del dolor debe ser gestionada adecuadamente para asegurar el bienestar del paciente.
C_3	Monitoreo de la Función Gastrointestinal	Evaluar la presencia de náuseas, vómitos, distensión abdominal y la capacidad de eliminar gases y heces. La alteración en la función gastrointestinal puede ser un signo de complicaciones como obstrucción o retención de líquidos, que requieren intervención inmediata.
C_4	Evaluación de la Herida Quirúrgica	Inspeccionar la herida quirúrgica en busca de signos de infección, como enrojecimiento, hinchazón, calor o drenaje purulento. El cuidado adecuado de la herida y la vigilancia de cualquier cambio son fundamentales para prevenir infecciones y asegurar la correcta cicatrización.
C_5	Estado Psicológico y Adaptación	Valorar el estado emocional y psicológico del paciente, prestando atención a signos de ansiedad, depresión o dificultad para adaptarse al nuevo estilo de vida. La cirugía puede tener un impacto significativo en la salud mental, y es importante brindar el apoyo necesario para facilitar esta transición y promover el cumplimiento de las recomendaciones postoperatorias

Actividad 2: Determinación de los pesos de los criterios

La actividad emplea un enfoque multiexperto para la determinación de los vectores de pesos asociados a los indicadores para la evaluación en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico. La actividad representa la base para el procesamiento de las inferencias. La tabla 2 muestra el resultado de los vectores de pesos atribuidos a los criterios.

Tabla 2: Pesos asociados a los criterios para la evaluación en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico.

Criterios evaluativos	Pesos neutrosófico asociados
C_1	(1,0,0)
C_2	(1,0,0)
C_3	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	(0.9, 0.1, 0.1)
C_5	(0.8,0,15,0.20)

Actividad 3: Evaluación de los criterios para la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico

Para obtener los resultados a partir de los métodos propuestos se hace uso de la Neutrosofía y en particular de la escala lingüística, S, $v_{kj} \in S$, donde; $S=\{s_1,\ldots,s_g\}$, es el conjunto de término lingüísticos definidos para evaluar las características c_k utilizando los números Neutrosóficos de Valor Único (SVN), para el análisis de los términos lingüísticos resultantes. La escala de términos lingüísticos a utilizar se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Escala de términos lingüísticos.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

Basado en los resultados obtenidos, se utiliza la neutrosofía para la evaluación en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico. El análisis se realiza a partir de la escala de términos lingüísticos y los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Determinación de las preferencias para la evaluación en la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico.

Criterios evaluativos	Etiqueta Lingüística	Valor Neutrosófico
C_1	Medianamente buena (MDB)	(0.8,0,15,0.20)
C_2	Muy buena (MB)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_3	Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
C_4	Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_5	Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)

A partir de la Ponderación Lineal Neutrosófica propuesta para el método, se realiza el cálculo para la evaluación neutrosófica sobre la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico. La tabla 5 nuestra los datos y el resultado del procesamiento a partir del cálculo de la ecuación (3).

Tabla 5: Resultados del procesamiento.

Criterios	Valor neutrosófico de preferencia	Vector de peso neutrosófico	Cálculo
C_1	(0.8,0,15,0.20)	(1,0,0)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_2	(0.9, 0.1, 0.1)	(1,0,0)	(0.95, 0.1, 0.1)
C_3	(1,0,0)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.95, 0.1, 0.1)
C_4	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_5	(1,0,0)	(0.8,0,15,0.20)	(0.9, 0.1, 0.1)
Inferencia			(0.92, 0.1, 0.1)

A partir de la inferencia obtenida se concluye que la evaluación neutrosófica sobre la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico, se encuentra valorada un índice de 0.92, lo que significa alto nivel de atención.

4. Discusión

El presente artículo aborda diversas perspectivas sobre las complicaciones asociadas con el bypass gástrico y subraya la importancia de los cuidados de enfermería para una recuperación óptima de los pacientes, analizando los hallazgos de diferentes autores en este ámbito.

Luisa F. Mogollón [30]destaca el bypass gástrico como uno de los procedimientos quirúrgicos más efectivos

para reducir los niveles de LDL en individuos con obesidad mórbida. Al ser el LDL un factor clave en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, su reducción puede prevenir la obstrucción de las arterias coronarias, mejorando así la metabolización de las grasas saturadas. Por otro lado, M. Robert menciona que en Francia, el 30% de los pacientes intervenidos con bypass gástrico han experimentado resultados positivos, especialmente aquellos con obesidad grave y mórbida; además, se ha observado una regularización de los niveles de insulina tras la cirugía.

Los estudios revisados sugieren que el bypass gástrico ofrece beneficios significativos en términos de control de enfermedades crónicas, como las cardiovasculares y la diabetes, lo que contribuye a un estilo de vida más saludable y a la prevención de complicaciones futuras.

Luis Silva y Gustavo Silva Souza [31] señalan que muchas complicaciones pueden atribuirse a factores de riesgo no modificables, como la edad y la duración de la enfermedad. Por esto, enfatizan la importancia de que los pacientes asistiesen a revisiones médicas regulares tras la cirugía, ya que su adaptación a un nuevo estilo de vida es crucial para su evolución. María E. Frigolet y Kim Dong-Hoon explican que el bypass gástrico tiene un efecto malabsorbativo, dado que altera drásticamente el paso de los alimentos, lo que puede comprometer la absorción de ciertos nutrientes [32,39].

Ambos autores subrayan la necesidad de un monitoreo constante postoperatorio, considerando que este procedimiento es de alta complejidad y afecta al sistema digestivo, lo que requiere evaluaciones médicas continuas para observar la evolución del paciente y su adaptación a los cambios en su estilo de vida.

Jasson Restrepo Castillon resalta que la respuesta de cada paciente al procedimiento puede variar; por tanto, es esencial realizar estudios que determinen la magnitud de las complicaciones y qué enfoques son más seguros y recomendables [33]. Asimismo, Mogollón aconseja asegurarse de que los pacientes no tengan antecedentes de úlceras, ya que estas pueden causar complicaciones significativas, cuya solución más efectiva es la laparoscopia con el reforzamiento de parche omental [30,40].

Ambos enfoques indican que las complicaciones pueden surgir de una evaluación médica inadecuada previa a la cirugía, donde es fundamental recopilar información relevante, ya que la presencia de úlceras puede manifestarse poco tiempo después de la operación. La educación al paciente sobre el reconocimiento de posibles complicaciones durante los primeros días es vital.

Steven Abraham plantea que las hemorragias son una complicación que ocurre en un 4% de los casos de cirugía bariátrica y pueden clasificarse como agudas, tempranas, tardías o crónicas [34]. Abel Gonzales y Julia López también mencionan que las complicaciones pueden ser evidentes en los primeros días postoperatorios, manifestándose a través de síntomas como dolor abdominal y fiebre, con riesgo de desarrollar fístulas gástricas [35].

Los bezoares como una causa común de obstrucción intestinal en pacientes que han sido sometidos a bypass gástrico. Estas formaciones pueden clasificarse en fitobezoares, lactobezoares y farmacobezoares, y su presencia puede dificultar el tránsito intestinal postoperatorio. Las suturas mecánicas pueden reducir la actividad peristáltica, incrementando el riesgo de obstrucció intestinal. [41]

El bypass gástrico puede contribuir a la osteomalacia, debido a la reducción de la absorción de vitamina D y otros minerales. Aunque el bypass gástrico es efectivo para el tratamiento de la obesidad, es crucial que los pacientes continúen con una alimentación adecuada y un programa de ejercicio para mantener resultados a largo plazo.

Los cuidados postoperatorios deben incluir orientación nutricional específica para evitar complicaciones relacionadas con la absorción de nutrientes, además de considerar la necesidad de suplementos vitamínicos y minerales para prevenir deficiencias. La endoscopia es una herramienta diagnóstica útil para abordar hemorragias posquirúrgicas, ya sea de forma temprana o tardía, asegurando. [42]

5 Conclusión

En este estudio se desarrolló una evaluación neutrosófica para la atención de enfermería de pacientes con complicaciones quirúrgicas en el posoperatorio inmediato con bypass gástrico. La evaluación neutrosófica constituye una herramienta valiosa en la predicción de complicaciones que pueden surgir en los pacientes posquirúrgicos de bypass gástrico deben ser identificadas de manera temprana para garantizar una atención inmediata.

Estas complicaciones dependerán de factores no modificables que presente el paciente, así como de cómo su organismo asimile el procedimiento. Es fundamental resaltar el rol del personal de enfermería en todas las etapas del proceso quirúrgico, ya que un seguimiento minucioso y una interacción efectiva entre el enfermero y el paciente facilitarán la obtención de información directa sobre el estado de evolución del paciente, permitiendo identificar de manera clara y confiable los posibles síntomas de complicaciones.

Referencias

[1] S. O. Parra, J. P. Ortega, J. S. R. Valbuena, and W. A. O. Regino, “Impacto de la cirugía bariátrica en la incidencia de diferentes cánceres. Revisión narrativa,” *Revista colombiana de Gastroenterología,* vol. 38, no. 3, pp. 321-331, 2023.

[2] J. R. G. Santamaría, J. G. Márquez, J. L. L. Aguilar, and G. M. Aldama, "Bypass gástrico. Tratamiento quirúrgico de la obesidad mórbida," *Revista del Hospital Juárez de México,* vol. 72, no. 4, pp. 153-160, 2005.

[3] I. Uhe, J. Douissard, M. Podetta, M. Chevallay, C. Toso, M. K. Jung, and J. Meyer, ″Roux-en-Y gastric bypass, sleeve gastrectomy, or one-anastomosis gastric bypass? A systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials,″ *Obesity,* vol. 30, no. 3, pp. 614-627, 2022.

[4] S. Torres-Landa, U. Kannan, I. Guajardo, O. E. Pickett-Blakely, D. T. Dempsey, N. N. Williams, and K. R. Dumon, "Surgical management of obesity," *Minerva Chirurgica,* vol. 73, no. 1, pp. 41-54, 2017.

[5] J. Luján, M. D. Frutos, Q. Hernández, G. Valero, and P. Parrilla, "Resultados a largo plazo del bypass gástrico laparoscópico en pacientes con obesidad mórbida. Estudio prospectivo de 508 casos," *Cirugía Española,* vol. 83, no. 2, pp. 71-77, 2008.

[6] P. M. Lucas, E. M. Sánchez, I. C. Albert, A. L. Orenes, M. T. Figueiras, and M. L. de la Hoz, "El avance de enfermeria en la consulta de pre-anestesia, un proyecto interdisciplinar," *Revista de la Asociación Española de Enfermería Quirúrgica*, no. 48, pp. 94-97, 2022.

[7] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[8] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica,* vol. 13, no. 2, 2021.

[9] O. M. Cornelio, J. G. González, and I. S. Ching, "Método multicriterio para la evaluación de habilidades en un Sistema de Laboratorios a Distancia," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 1, pp. 237-251, 2021.

[10] L. A. P. Florez, and Y. L. Rodríguez-Rojas, "Procedimiento de Evaluación y Selección de Proveedores Basado en el Proceso de Análisis Jerárquico y en un Modelo de Programación Lineal Entera Mixta," *Ingeniería,* vol. 23, no. 3, pp. 230-251, 2018.

[11] E. M. García Nové, "Nuevos problemas de agregación de rankings: Modelos y algoritmos," 2018.

[12] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[13] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[14] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[15] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[16] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[17] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[18] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[19] R. G. Ortega, M. Rodríguez, M. L. Vázquez, and J. E. Ricardo, "Pestel analysis based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers for the sinos river basin management," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 26, no. 1, pp. 16, 2019.

[20] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[21] F. Smarandache, "A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic," *Philosophy*, pp. 1-141, 1999.

[22] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[23] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[24] M. Leyva-Vázquez, and F. Smarandache, *Computación neutrosófica mediante Sympy*: Infinite Study, 2018.

[25] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, "Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference)," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

[26] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[27] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[28] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[29] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[30] L. F. Mogollón, A. Mendoza-Zuchini, L. F. Cabrera, M. Pedraza, and C. Jiménez, "Perforated marginal ulcer after gastric bypass. What is the ideal management? About a case," *Cirugía y cirujanos,* vol. 88, pp. 47-51, 2020.

[31] M. Robert, E. Pelascini, and A. Pasquer, "Técnicas de derivaciones (bypass) gástricas por obesidad," *EMC-Técnicas Quirúrgicas-Aparato Digestivo,* vol. 35, no. 4, pp. 1-18, 2019.

[32] M. E. Frigolet, K. Dong-Hoon, S. Canizales-Quinteros, and R. Gutiérrez-Aguilar, "Obesidad, tejido adiposo y cirugía bariátrica," *Boletín médico del Hospital Infantil de México,* vol. 77, no. 1, pp. 3-14, 2020.

[33] J. Restrepo-Castrillón, M. Restrepo-Moreno, M. Ramírez-Ceballos, A. Román-González, and J. P. Toro-Vásquez, "Baipás gástrico versus manga gástrica para el control de diabetes tipo 2 en pacientes obesos," *Revista Colombiana de Cirugía,* vol. 38, no. 1, pp. 61-73, 2023.

[34] S. A. B. González, F. P. J. Zeas, and D. A. U. Rogel, "Tratamiento conservador para hemorragia posterior a bypass gástrico reporte de caso," *Tesla Revista Científica,* vol. 3, no. 1, pp. e133-e133, 2023.

[35] A. González-Huete, J. López-Cardona, and R. García-Latorre, "Fístula gastro-gástrica como complicación de bypass gástrico laparoscópico," *Revista de cirugía,* vol. 74, no. 6, pp. 535-536, 2022.

[36] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[37] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[38] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[39] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[40] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[41] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[42] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 19, 2025. Aceptado: marzo 09, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para evaluar el rol de enfermería en el cuidado de los adolescentes que presentan el trastorno de ansiedad

Analytical Hierarchical Neutrosophic Analytical Process for Evaluating the Role of Nursing in the Care of Adolescents with Anxiety Disorder

María Fernanda Morales Gómez de la Torre [1], Karely Nicole Gualotuña Piñataxi [2], Leydy Vanessa Pilatasig Díaz[3], and Eloisa Cumanda Santamaría Guamán [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.mariamorales@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. karelygp01@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. leydypd75@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. eloisasg39@uniandes.edu.ec

Resumen. En el contexto de la creciente incidencia de trastornos de ansiedad entre adolescentes, se llevará a cabo una investigación cuyo objetivo es implementar el Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para evaluar el rol de enfermería en el cuidado de estos jóvenes. Las intervenciones de los profesionales de la enfermería son fundamentales para un abordaje integral que garantice una atención de calidad y reduzca la prevalencia de trastornos emocionales. Según la OMS, entre el 10 y 20% de los adolescentes padecen problemas de salud mental, y uno de cada cinco en la transición de la niñez a la adolescencia sufre de trastornos emocionales. Esto es particularmente preocupante, ya que la falta de atención adecuada puede agravar estos problemas, generando comportamientos autolíticos y autodestructivos. El cuidado enfermero desempeña un papel crucial al proporcionar educación, detección temprana de trastornos y tratamiento basado en evidencia. Las actividades como charlas informativas y la creación de clubes de salud son vitales para promover la salud mental y prevenir el desarrollo de condiciones graves. Además, es esencial que estas iniciativas se fortalezcan con políticas públicas adecuadas que mejoren la formación y los recursos disponibles. Reconocer los factores que contribuyen a las enfermedades mentales en los adolescentes es imperativo para prevenir incidentes trágicos como el suicidio. Este estudio busca no solo entender la contribución de la enfermería en este ámbito, sino también establecer estrategias que mejoren la respuesta ante este creciente problema en Ecuador.

Palabras Claves: Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico, adolescencia, ansiedad, rol de enfermería.

Abstract. In the context of the increasing incidence of anxiety disorders among adolescents, research will be carried out with the objective of implementing the Neutrosophic Hierarchical Analytic Process to evaluate the role of nursing in the care of these young people. The interventions of nursing professionals are essential for a comprehensive approach that guarantees quality care and reduces the prevalence of emotional disorders. According to the WHO, between 10 and 20% of adolescents suffer from mental health problems, and one in five in the transition from childhood to adolescence suffers from emotional disorders. This is particularly worrying, since the lack of adequate care can aggravate these problems, generating suicidal and self-destructive behaviors. Nursing care plays a crucial role in providing education, early detection of disorders, and evidence-based treatment. Activities such as informative talks and the creation of health clubs are vital to promote mental health and prevent the development of serious conditions. Furthermore, it is essential that these initiatives be strengthened with adequate public policies that improve training and available resources. Recognizing the factors that contribute to mental illness in adolescents is imperative to prevent tragic incidents such as suicide. This study seeks not only to understand the contribution of nursing in this area, but also to establish strategies that improve the response to this growing problem in Ecuador.

Keywords: Neutrosophic Hierarchical Analytic Process, adolescence, anxiety, nursing role

1 Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a la salud como un estado de completo bienestar a nivel físico, biológico y psicológico o mental de una persona. Los cambios en cualquiera de estas áreas pueden afectar salud del individuo, por ende, cuando hablamos de salud mental nos centramos en los aspectos fundamentales que afectan el bienestar emocional y estabilidad psicológica de las personas, los trastornos mentales generalmente perjudican el bienestar psicológico causando que las emociones y experiencias por las que pasa el individuo se intensifiquen y se vuelva más desagradable [1].

La adolescencia en si es una de las etapas más importantes del desarrollo del ser humano es una etapa de la vida en la que las personas experimenta varios cambios a nivel físico, psicológico, social, emocional y sexual [2]. Varios estudios han demostrado que el cambio durante esta etapa tendrá varias repercusiones que afectan el aspecto emocional del adolecente. No hay duda, el desarrollo del adolescente formaran parte trascendental de su vida en la elección de su identidad personal, familiar y social [3,26].

Se ha identificado que 300 millones de personas en el mundo sufren de una alteración emocional llegando al padecimiento de algún tipo de trastorno o enfermedad mental además 1 de cada 5 personas que se encuentran en la transición de la niñez hacia la adolescencia sufren de algún trastorno emocional. Según la OMS entre el 10 y 20% de adolescentes presentan condiciones no favorables al hablar de salud mental aumentando la cronicidad y continuidad del problema en la vida adulta esto debido a múltiples factores que condicionan el comportamiento y generan conductas emocionales inadaptadas en su accionar [4].

La prevalencia de los trastornos emocionales y mentales del adolescente ha lugar a varios casos en países industrializados en donde trastornos graves como la depresión, ansiedad o la inadaptación social, motiva al adolescente a desarrollar pensamientos autolíticos y autodestructivos, de hecho, se observa que el 14% de estas conductas la presentan los hombres y el 25% en la mujer. Por otro lado, se ha demostrado que aspectos como la frialdad, crueldad o disciplina severa son causas que provocan que un adolescente presente un trastorno como la ansiedad reflejando conductas inestables que perjudican su bienestar emocional [5]

En América Latina la situación no es muy diferente, de hecho se destaca en una gran cantidad de artículos científicos publicados al menos en el 40% de estos, los trastornos y enfermedades metales están relacionados con problemas de violencia y el consumo de drogas la falta de oportunidades académicas y laborales sin duda complican más el tema por esa razón en muchos estudios ya se habla del apego como estrategia de lucha en contra de estos males que perjudican notablemente a la población de adolescentes en nuestro continente [6,27].

El rol de la enfermera/o por su parte abarca tres ramas principales para el cuidado de la salud metal del adolescente, es muy importante reconocer el trabajo que realizan los profesionales, la educación a través de charlas, los clubes adolescentes de salud que se forman en las distintas unidades de salud son actividades esenciales que deben ser fortalecida a través de políticas públicas para mejorar la calidad de contenidos que se plantea la autoridad sanitaria [7]. La prevención es otra actividad sumamente importante en donde el detectar posibles casos de enfermedad y trastorno mental hace una diferencia en la atención correcta del paciente. Así mismo el brindar un tratamiento adecuado para la recuperación mental basados en conocimientos científicos y técnicos y humanísticos ayudara al desarrollo de estrategias acertadas para reducir la incidencia de este problema que afecta a los adolescentes del Ecuador.

Por esta razón es importante reconocer los factores que contribuyen al desarrollo de estas condiciones en el adolescente para prevenir incidentes como el suicidio y trastornos mentales. Además, es necesario abordar esta problemática ya que como profesionales de la salud es de nuestro trabajo plantear alternativas que nos ayuden a disminuir la incidencia de nuevo caso. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es implementar el Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para evaluar el rol de enfermería en el cuidado de los adolescentes que presentan el trastorno de ansiedad.

2 Método para la evaluación del rol de enfermería en el cuidado de los adolescentes que presentan el trastorno de ansiedad

El método propuesto para evaluar el rol de enfermería en el cuidado de los adolescentes que presentan trastornos de ansiedad se estructura en tres etapas fundamentales: entrada, procesamiento y salida de información. Esta organización garantiza un enfoque sistemático y coherente que favorece la obtención de resultados precisos y aplicables. En la etapa de entrada, se establecen los criterios de selección del método. Esta fase es crucial, ya que permite identificar y definir las variables relevantes que influirán en la evaluación. En este sentido, se consideran factores como la formación, la experiencia y las intervenciones específicas que realizan los enfermeros en el contexto del cuidado a adolescentes con ansiedad. Además, se revisan las normativas y directrices existentes que regulan la atención en salud mental para asegurar que el enfoque sea pertinente y alineado con las mejores prácticas.

Durante la etapa de procesamiento, se implementa el *Neutrosophic Analytic Hierarchy Process* (NAHP), una técnica multicriterio que permite evaluar de manera sistemática y rigurosa las diferentes dimensiones del rol de enfermería. Este método no solo facilita la comparación y priorización de los criterios seleccionados, sino que también incorpora la incertidumbre inherente a la evaluación de cualidades y competencias humanas. Al utilizar

NAHP, se obtiene una visión más completa y matizada del impacto que los enfermeros tienen en la atención de adolescentes con trastornos de ansiedad, teniendo en cuenta tanto factores cuantitativos como cualitativos.

En la etapa de salida, se visualiza la inferencia generada a partir del proceso de evaluación. Esta fase permite sintetizar la información recabada y extraer conclusiones útiles que pueden guiar la gestión y mejora de las prácticas de los profesionales de enfermería. Asimismo, los resultados obtenidos pueden servir como base para la formulación de recomendaciones que promuevan estrategias efectivas para el abordaje de la salud mental en adolescentes, reforzando así el papel del enfermero como figura esencial en el cuidado integral de este grupo poblacional.

El método propuesto no solo ofrece una estructura rigurosa y bien definida para evaluar el rol de enfermería, sino que también se adapta a las realidades complejas del cuidado en salud mental, lo que está alineado con los objetivos de promoción de una atención más efectiva y empática hacia los adolescentes que enfrentan trastornos de ansiedad. En la figura 1 se muestra la estructura general del método propuesto.

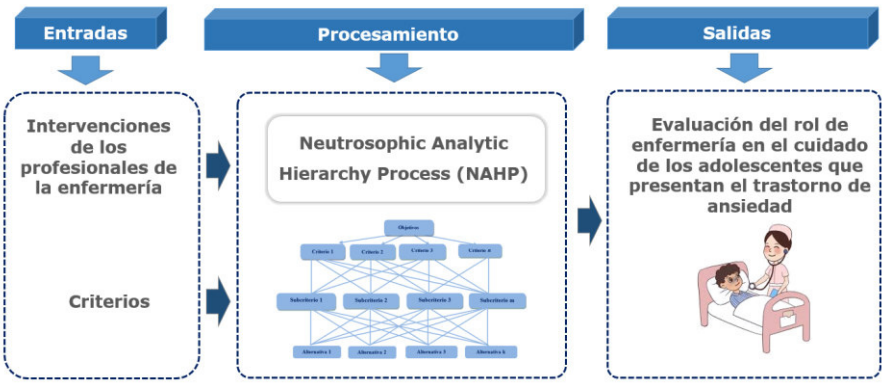


Figura 1. Estructura del método para la evaluación del rol de enfermería en el cuidado de los adolescentes que presentan el trastorno de ansiedad.

2.1 El Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) fue propuesto por Thomas Saaty 1980 [8]. Constituye uno de los métodos más difundidos en la resolución de problemas de toma de decisiones multicriterios. Esta técnica realiza una modelación del problema que da lugar a la formación de una jerarquía representativa del esquema decisional asociado [9-11]. Dicha jerarquía presenta en el nivel superior la meta que se persigue al resolver el problema y en el nivel inferior se incluyen las distintas alternativas a partir de las que debe tomarse una decisión. Los niveles intermedios detallan el conjunto de criterios y atributos considerados.

AHP es un método que selecciona alternativas en función de una serie de criterios o variables, normalmente jerarquizados, los cuales suelen entrar en conflicto [12, 13]. En esta estructura jerárquica, el objetivo final se encuentra en el nivel más elevado, y los criterios y subcriterios en los niveles inferiores.

En una jerarquía típica el nivel más alto localiza el problema de toma de decisiones [14-16] . Los elementos que afectan la toma de decisiones son representados en el nivel intermedio, ocupando los criterios los niveles intermedios [17-19]. En el nivel más bajo se comprenden las opciones de decisiones [20, 21,28].

Una vez definida la estructura jerárquica, se comparan los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios del nivel inferior. Para ello se utilizan matrices de comparación pareadas usando una Escala Fundamental [13, 22].

La comparación de las diferentes alternativas respecto al criterio del nivel inferior de la estructura jerárquica, como la comparación de los diferentes criterios de un mismo nivel jerárquico dan lugar a una matriz cuadrada denominada matriz de decisión. La figura 2 muestra la estructura jerárquica de AHP [23, 24].

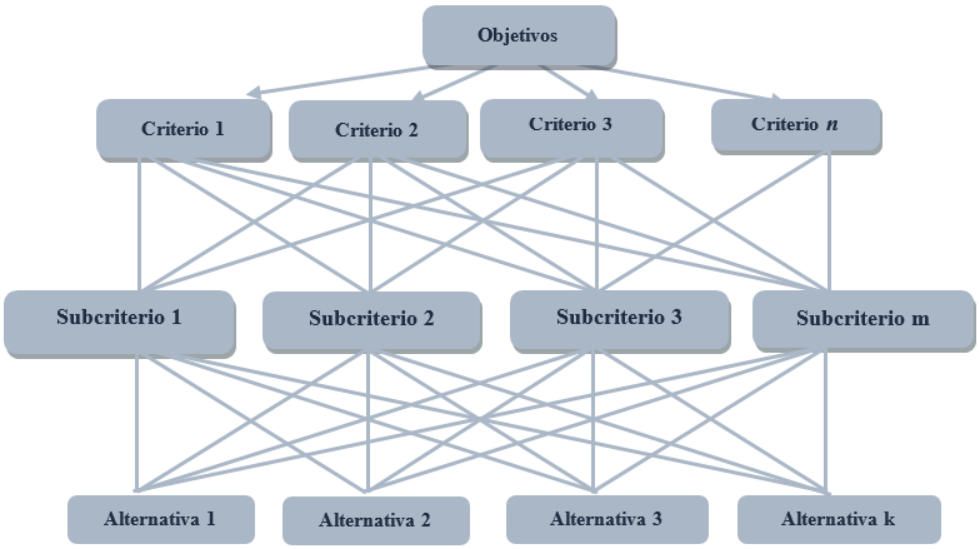


Figura 2. Proceso Analítico Jerárquico.

3 Estructura del método propuesto

Una vez identificado los criterios evaluación, el método realiza un proceso de comparación entre criterios. Se establecen los niveles de importancia o ponderación asociados a los criterios. Se estiman por medio de comparaciones apareadas entre cada criterio. Esta comparación se lleva a cabo usando una escala, tal como expresa la ecuación (1) [25].

$$S = \left\{\frac{1}{9},\frac{1}{8},\frac{1}{7},\frac{1}{6},\frac{1}{5},\frac{1}{4},\frac{1}{3},\frac{1}{2},1,2,3,4,5,6,7,8,9\right\} \quad (1)$$

En el caso de *n* atributos la comparación apareada del elemento *i* con el elemento *j* es colocado en la posición de *aij* de la matriz A de comparaciones apareadas, tal como se muestra en la ecuación (2).

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & \tilde{1} \end{bmatrix} \quad (2)$$

A partir del proceso de comparación se obtienen los valores recíprocos de estas comparaciones. Los valores obtenidos se colocados en la posición *aji* de A, con la finalidad de preservar la consistencia del juicio. El proceso de decisión debe comparar la importancia relativa de un elemento con respecto a un segundo, usando la escala de 9 puntos mostrada en la tabla 1.

Para el elemento 1 que fue calificado con fuerte dominancia sobre el elemento 2, se expresa como resultado en la posición a_{12}, se coloca un 5 y recíprocamente en la posición de a_{21} se coloca 1/5.

Tabla 1. La escala de Saaty traducida a una escala triangular neutrosófica.

Escala Saaty	Definición	Escala Triangular Neutrosófica
1	Igualmente influyente	$\tilde{1} = \langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$
3	Ligeramente influyente	$\tilde{3} = \langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$
5	Fuertemente influyente	$\tilde{5} = \langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$
7	Muy fuertemente influyente	$\tilde{7} = \langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$
9	Absolutamente influente	$\tilde{9} = \langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$
2, 4, 6, 8	Valores intermedio entre dos escalas cercanas	$\tilde{2} = \langle(1,2,3);0.40,0.65,0.60\rangle$
		$\tilde{4} = \langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40\rangle$
		$\tilde{6} = \langle(5,6,7);0.70,0.25,0.30\rangle$
		$\tilde{8} = \langle(7,8,9);0.85,0.10,0.15\rangle$

Por su parte, Saaty estableció que el Índice de Consistencia (CI) debería depender de λ max, el valor propio máximo de la matriz. Definió la ecuación $CI = \frac{\lambda_{max}-n}{n-1}$, donde *n* es el orden de la matriz. Además, definió la Relación de Consistencia (CR) con la ecuación CR = CI/RI, donde RI se relaciona en la Tabla 2.

Tabla 2. RI asociada a cada criterio.

Orden (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Si CR≤0.1 se considera que la evaluación de los expertos es suficientemente consistente y por lo tanto podemos proceder a utilizar NAHP. Entonces, NAHP tiene como objetivo calificar criterios, subcriterios y alternativas, y clasificar cada alternativa de acuerdo con estos puntajes. NAHP también se puede utilizar en la evaluación de grupo. En tal caso, el valor final se calcula mediante la media geométrica ponderada, mediante las ecuaciones 3 y 4.

$$\bar{x} = \left(\prod_{i=1}^{n} x_i^{w_i}\right)^{1/\sum_{i=1}^{n} w_i} \tag{3}$$

Si los pesos de los expertos suman uno, es decir $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$, la ecuación 3 se transforma en la ecuación 4.

$$\bar{x} = \prod_{i=1}^{n} x_i^{w_i} \tag{4}$$

4 Resultados y discusión

El método propuesto para evaluar el rol de enfermería en el cuidado de los adolescentes que presentan el trastorno de ansiedad, fue implementado en un caso de estudio para ejemplificar su aplicabilidad. La presente sección realiza una descripción de los resultados obtenidos de su implementación. Para la obtención de la información el método propuesto emplea un enfoque multicriterio multiexperto, expresado como:

El grupo de criterios que caracterizan la evaluación del rol de enfermería en el cuidado de los adolescentes que presentan el trastorno de ansiedad, dentro del problema de toma de decisiones tal que:

$$C = \{c_1, , c_n\}, \geq n1 \tag{5}$$

Para lo cual participan el grupo de expertos que intervienen en el problema de toma de decisiones tal que:

$$E = \{e_1, , e_m\}, \geq m1 \tag{6}$$

Mediante el conjunto de alternativas de decisión para en el problema de toma de decisiones propuesto tal que:

$$A = \{a_1, , a_k\}, \geq k1 \tag{7}$$

A partir del análisis realizado, se obtienen los principales criterios a tener en cuenta.

La alternativa para evaluar es la siguiente:

A_1: Evaluación positiva del rol de enfermería en el cuidado de los adolescentes con trastorno de ansiedad.

A_2: Evaluación negativa del rol de enfermería en el cuidado de los adolescentes con trastorno de ansiedad.

Para el desarrollo de la presente investigación se consultó a un panel de 5 expertos compuesto por profesionales con diversas competencias en el ámbito de la salud mental y la atención de adolescentes. Esta diversidad en el panel garantiza que la evaluación sea integral y esté fundamentada en una amplia gama de conocimientos y experiencias. Las principales competencias para ser incluidos en la investigación fueron:

- Experiencia clínica en salud mental: Los expertos seleccionados cuentan con una sólida formación en psicología, psiquiatría y enfermería en salud mental. Su experiencia clínica les permite comprender profundamente los retos y necesidades de los adolescentes que enfrentan trastornos de ansiedad.
- Conocimientos en desarrollo adolescente: Los miembros del panel tienen un enfoque especial en el desarrollo emocional y psicológico de los adolescentes, lo que les otorga una perspectiva crucial para evaluar cómo las intervenciones de enfermería pueden impactar en este grupo etario específico.
- Formación en intervenciones terapéuticas: Algunos expertos poseen capacitación en terapias específicas, como la terapia cognitivo-conductual, técnicas de manejo del estrés y programas de prevención, lo que les permite identificar las prácticas más efectivas en el tratamiento de la ansiedad.
- Participación en investigación: Los cinco expertos han participado en investigaciones académicas sobre salud mental y enfermería, lo que implica una comprensión crítica de los métodos de evaluación y la importancia del enfoque basado en evidencia en la práctica profesional.

A través de la colaboración del panel de expertos, se definieron los siguientes cuatro criterios fundamentales para evaluar el rol de enfermería en el cuidado de adolescentes con trastorno de ansiedad: Los criterios para evaluar son los siguientes:

C_1: Detección y evaluación temprana: Este criterio se enfoca en la capacidad del enfermero para identificar signos y síntomas de trastornos de ansiedad en los adolescentes. La competencia en la evaluación inicial y el tamizaje efectivo son cruciales para implementar intervenciones oportunas y adecuadas.

C_2: Intervenciones psicoeducativas: Este criterio evalúa la habilidad del personal de enfermería para diseñar y proporcionar educación a los adolescentes y sus familias sobre la ansiedad. Incluye información acerca de los trastornos, estrategias de afrontamiento, y la importancia de buscar ayuda. Las intervenciones psicoeducativas son clave para empoderar a los adolescentes en su proceso de recuperación.

C_3: Apoyo emocional y relacional: Este criterio se refiere a la capacidad del enfermero para establecer una relación de confianza con los adolescentes. Esto incluye la empatía, la escucha activa y el acompañamiento durante el tratamiento, lo que contribuye a la adherencia y efectividad de las intervenciones.

C_4: Colaboración y trabajo interdisciplinario: Este criterio evalúa la habilidad del enfermero para trabajar en equipo con otros profesionales de la salud, como psicólogos y psiquiatras, así como su participación en la elaboración de planes de cuidado integral. La cooperación interdisciplinaria es esencial para abordar las múltiples dimensiones que afectan a los adolescentes con trastornos de ansiedad.

Del consenso del panel de expertos se obtuvo una matriz agregada con la comparación emitida por los expertos correspondientes a los criterios, se resumen en la tabla 3 la agregación obtenida. Los valores se expresan en forma de la escala dada en la tabla 1.

Tabla 3: Pares de comparación correspondientes a los criterios agregados dados por los expertos.

Criterio	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	$\tilde{1}$	$\widetilde{1/7}$	$\widetilde{1/7}$	$\widetilde{1/5}$
C_2	$\tilde{7}$	$\tilde{1}$	$\widetilde{1/7}$	$\widetilde{1/3}$
C_3	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{1}$	$\widetilde{1/7}$
C_4	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{7}$	$\tilde{1}$

La tabla 4, contiene la valoración media para el total de expertos correspondientes a los requisitos, uno por cada criterio.

Tabla 4: Matriz media nítida por pares correspondiente a los requerimientos dados por los expertos según criterio C_1.

C	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$
C_2	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$
C_3	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$
C_4	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$

A partir de la aplicación de la ecuación 1, se aplica la ecuación 4 para convertir las matrices por pares en matrices nítidas. El CR obtenido fue 0.00267 que represente el valor agregado de los expertos, Se observa que es menor que 0.1. Mientras que, para las matrices de requerimientos, los CR son menores a 0.1 respecto a cada experto y cada criterio. La Tabla 5 resume los vectores prioritarios de los tres expertos para los criterios, aplicando la Ecuación 1 con pesos $w_i = 1/3$ para i = 1, 2, 3.

Tabla 5: Promedio de vectores de prioridad obtenidos para cada criterio sobre los expertos y su orden.

Alternativas	Promedio sobre expertos de Criterios Vectores Prioritarios	Orden
A_1	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	1
A_2	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	2

La Tabla 6 resume los pesos para cada requerimiento y el orden final.

Tabla 6: Los vectores de prioridad de requisitos y el orden final de requisitos.

Criterios	$A_1\langle((6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$A_2\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	**Vector Prioridad**	**Orden**
C_1	$\langle$(4,5,6);0.80,0.15,0.20$\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	0.56	2
C_2	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	0.34	4
C_3	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	0.41	3
C_4	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40\rangle$	0.68	1

De acuerdo con los resultados resumidos en la Tabla 6, los indicadores poseen un nivel de cumplimiento que se ordenan de la siguiente manera: $C_4 \succ C_2 \succ C_3 \succ C_2$. A partir de este análisis se determinó una evaluación positiva del rol de enfermería en el cuidado de los adolescentes con trastorno de ansiedad.

5 Discusión

La implementación del Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico (NAHP) para evaluar el rol de enfermería en el cuidado de adolescentes con trastornos de ansiedad, se justifica en un contexto donde es común subestimar la salud mental de esta población. A pesar de la percepción de que los adolescentes son relativamente sanos y con bajas tasas de mortalidad por enfermedades orgánicas, es fundamental reconocer que este es un periodo de transición en el que los problemas emocionales y los desórdenes psiquiátricos son frecuentes. [29]

El cuidado de enfermería, en este contexto, debe ser integral, minucioso y personalizado, lo que resalta la importancia de la profesión. La comunidad científica tiene la responsabilidad de abordar este tema crítico y de proponer estrategias que mitiguen los efectos psicológicos del desarrollo adolescente, ya que, a pesar de la existencia de programas gubernamentales, se estima que entre el 35 y el 50% de las personas con trastornos mentales en países desarrollados no reciben tratamiento adecuado. Aquí es donde el enfermero juega un papel crucial en la prevención y detección temprana de las patologías. [30.31]

La población objeto de estudio en esta investigación presenta indicadores claros de trastornos psicológicos, como la sensación de soledad y la auto percepción negativa, que evidencian la necesidad de intervención. Además, se han reportado problemas de sueño y alimentación, lo que subraya la necesidad urgente de apoyo profesional. En este marco, la implementación del NAHP no solo permite una evaluación rigurosa e informada del rol del enfermero, sino que también facilita la integración de conocimientos psicólogos en su práctica diaria, asegurando que el acompañamiento emocional y el asesoramiento brindado se realice con calidad y calidez humanas, contribuyendo así al bienestar integral de los adolescentes que enfrentan estos desafíos. [32]

6 Conclusión

La presente investigación, propuso un método neutrosófico para evaluar el rol de enfermería en el cuidado de los adolescentes que presentan el trastorno de ansiedad. El método propuesto obtuvo como resultado un proceso de inferencia mediante el Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico. Los resultados indican que existe una brecha entre el derecho a la salud y la realidad que vive el adolescente que presenta alteraciones en su salud mental. Debido al enfoque neoliberal en el cual la salud pasó de ser un derecho a ser un privilegio permitido para el que puede pagar por ella con profesionales como psicólogos y psiquiatras, y las actuales condiciones que vive el país, se puede pensar en el alto riesgo de los adolescentes para desarrollar una enfermedad mental que interfiera en su desarrollo, su bienestar y el de su familia.

Frente a esta situación es necesario que el profesional de enfermería se prepare para que pueda brindar cuidado desde la promoción y prevención de la enfermedad mental a toda la población, pero especialmente a niños y adolescentes en búsqueda de una mejor calidad de vida. Es preciso recalcar que la salud mental no es sólo responsabilidad del sector de la salud, es una responsabilidad ética de todos: padres, profesores, comunidades educativas, laborales y científicas, y siempre se debe trabajar en pro de ella.

Las intervenciones que realiza el profesional de enfermería son sumamente esenciales en el abordaje del adolescente, en el país se promueven modelos de gestión que permiten al adolescente una atención integral y de calidad. Dentro de este grupo multidisciplinario se encuentra el enfermero/a, sus actividades son fundamentales para reducir la incidencia de caso de violencia, ansiedad o depresión en el adolescente.

Referencias

[1] O. Mariñas Acevedo, “Proceso de atención de enfermería aplicado a un paciente con ansiedad y depresión en la Unidad de Cuidados Intensivos de un hospital pediátrico de Lima, 2021,” 2021.

[2] A. E. A. Acosta, and M. A. M. Freire, “Dependencia emocional y estado de ánimo en estudiantes universitarios,” *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 7, pp. 185-198, 2024.

[3] E. A. M. Ases, and M. Guallichico, "Intervenciones de enfermería en el cuidado de adolescentes que presentan alteraciones emocionales," *Brazilian Journal of Health Review,* vol. 6, no. 1, pp. 1595-1607, 2023.

[4] D. M. Esquivel, J. A. Rojas, H. C. Ramírez, K. E. Vargas, H. E. Solano, A. M. Elizondo, I. Q. Méndez, and D. Q. Bermúdez, "Intervención de Enfermería en la adolescencia: experiencia en una Institución de Estudios Secundarios Pública," *Enfermería Actual en Costa Rica*, no. 24, 2013.

[5] C. A. B. Delgado, E. C. R. Mera, D. M. G. Intriago, S. A. S. Sanchez, K. E. G. Suárez, and A. P. M. Tipán, "Factores que inciden en la presencia de la depresion en adolescentes," *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional,* vol. 4, no. 2, pp. 165-180, 2019.

[6] C. D. Santos, and L. S. Vallín, "La ansiedad en la adolescencia," *RqR Enfermería Comunitaria,* vol. 6, no. 1, pp. 21-31, 2018.

[7] M. E. E. Oleas, L. A. F. Samaniego, and M. A. P. Silva, "Impacto emocional de la pandemia por covid-19 en los estudiantes de la escuela politécnica de Chimborazo en el Ecuador," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 4, no. 1, pp. 167-180, 2022.

[8] T. L. Saaty, *Toma de decisiones para líderes*: RWS Publications, 2014.

[9] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[10] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[11] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[12] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[13] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[14] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[15] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[16] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[17] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, "Impacto de la investigación jurídica a los problemas sociales postpandemia en Ecuador," *Universidad y Sociedad,* vol. 14, no. S5, pp. 542-551., 2022.

[18] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "Investigación científica: perspectiva desde la neutrosofía y productividad," *Universidad y Sociedad,* vol. 14, no. S5, pp. 640-649., 2022.

[19] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeutroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.

[20] F. Smarandache, "Neutrosophic Overset, Neutrosophic Underset, and Neutrosophic Offset. Florentin Smarandache Similarly for Neutrosophic Over-/Under-/Off-Logic, Probability, and Statistics," 2017.

[21] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[22] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[23] F. Smarandache, S. Broumi, P. K. Singh, C.-f. Liu, V. V. Rao, H.-L. Yang, I. Patrascu, and A. Elhassouny, "Introduction to neutrosophy and neutrosophic environment," *Neutrosophic Set in Medical Image Analysis*, pp. 3-29: Elsevier, 2019.

[24] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[25] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[26] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[27] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[28] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[29] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[30] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[31] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[32] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 19, 2025. Aceptado: marzo 09, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para la evaluación de la estrategia de manejo en la conservación de los tapires (Tapirus Spp.)

Neutrosophic method for the evaluation of the management strategy in the conservation of tapirs (Tapirus Spp.)

Raúl González Salas[1], Mildre Mercedes Vidal del Río[2], and Daniela Alejandra Proaño Remache[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.raulgonzalez@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.mildrevidal@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. danielapr85@uniandes.edu.ec

Resumen. El tapir, al igual que otros mamíferos, ha estado estrechamente vinculado con las comunidades nativas de la Amazonía ecuatoriana debido a su papel en el ecosistema y la regeneración natural de los bosques. Además, forma parte de la dieta de diversas etnias y se utiliza en prácticas curativas y en la caza. Sin embargo, estas actividades no han sido controladas de manera efectiva, lo que ha puesto en peligro a esta especie, actualmente considerada en peligro de extinción. Este estudio busca aplicar un método neutrosófico para evaluar la estrategia de manejo en la conservación de los tapires (Tapirus spp.). Los resultados indican que los tapires son fundamentales para el mantenimiento natural de los bosques, ya que dispersan semillas que pueden convertirse en grandes árboles. Además, estos frugívoros ayudan indirectamente a conservar las reservas de carbono en los bosques. Es necesario implementar estrategias sostenibles para recuperar las poblaciones de tapires y restaurar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que estos proporcionan.

Palabras Claves: números neutrosófico, evaluación, estrategia de manejo, conservación de los tapires, (Tapirus Spp.).

Abstract. The tapir, like other mammals, has been closely linked to native communities in the Ecuadorian Amazon due to its role in the ecosystem and the natural regeneration of forests. In addition, it is part of the diet of various ethnic groups and is used in healing practices and hunting. However, these activities have not been effectively controlled, which has endangered this species, currently considered endangered. This study seeks to apply a neutrosophic method to evaluate the management strategy in the conservation of tapirs (Tapirus spp.). The results indicate that tapirs are essential for the natural maintenance of forests, as they disperse seeds that can become large trees. In addition, these frugivores indirectly help conserve carbon reserves in forests. Sustainable strategies must be implemented to recover tapir populations and restore the biodiversity and ecosystem services they provide.

Keywords: neutrosophic numbers, assessment, management strategy, conservation of tapirs (Tapirus Spp.).

1 Introducción

La conservación de la biodiversidad busca mantener la diversidad de especies, hábitats e interrelaciones en los ecosistemas, así como los servicios ecosistémicos que estos proporcionan. Comprender los procesos involucrados en esta actividad es fundamental para implementar estrategias de preservación efectivas. Entre las especies que están disminuyendo rápidamente y enfrentan el riesgo de extinción se encuentran los mamíferos salvajes, una tendencia preocupante a nivel global impulsada por la fragmentación de hábitats naturales y su transformación en tierras antropizadas, inadecuadas para la supervivencia de estas especies. Además, las poblaciones de mamíferos se reducen por factores como la caza, la recolección, los conflictos con los humanos, el cambio climático y la contaminación ambiental [1].

En Ecuador, de los mamíferos existentes, 16 taxones corresponden a ungulados neotropicales, un grupo de animales caracterizado por tener pezuñas y, en su mayoría, ser herbívoros. Dentro de este grupo se encuentran varias familias, como los cérvidos (ciervos), tapires y pecaríes. Los tapires (familia Tapiridae) incluyen dos especies: Tapirus pinchaque y T. terrestris, que se encuentran en las tierras altas y en los bosques húmedos tropicales y subtropicales de la Amazonía, respectivamente. Se ha mencionado tradicionalmente a una tercera especie, Tapirus bairdii, como parte de la fauna ecuatoriana; sin embargo, no existen registros concretos que respalden su presencia [2].

Entre los tapires, el tapir de montaña o tapir lanudo (Tapirus pinchaque) habita en bosques andinos montañosos tropicales y páramos a altitudes de entre 2,000 y 4,800 metros sobre el nivel del mar (msnm) en Colombia, Ecuador y el norte de Perú. A diferencia de T. pinchaque, las demás especies prefieren hábitats a menor altitud; por ejemplo, Tapirus terrestris habita bosques de tierras bajas hasta 1,800 msnm, mientras que T. indicus se encuentra comúnmente hasta 2,000 msnm, con una mayor presencia en bosques de altitud inferior (entre 125 y 1,000 m). Por último, la distribución de T. bairdii se limita a los estados mexicanos de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo y Veracruz, desde el nivel del mar hasta altitudes no mayores a 2,000 msnm [3].

Los tapires son actores clave en la dinámica forestal, ya que actúan como dispersores de semillas y depredadores funcionalmente activos de hasta 264 especies de plantas. A menudo se les denomina "jardineros" o "arquitectos" del bosque, ya que contribuyen a la propagación de al menos 50 especies de flora. De esta manera, proporcionan un sustrato adecuado para los suelos que habitan y abren senderos para otras especies de fauna silvestre, convirtiéndolos en una especie esencial para la sostenibilidad de los ecosistemas en Ecuador.

Los bosques del sudeste de la Amazonía están altamente amenazados por perturbaciones como la fragmentación, los incendios del sotobosque y los eventos climáticos extremos. Los frugívoros de gran tamaño, como el tapir de tierras bajas o amazónico (Tapirus terrestris), tienen el potencial de contrarrestar estos procesos al apoyar la regeneración natural del bosque mediante la dispersión de una variedad de semillas a grandes distancias hacia zonas perturbadas [4].

En la última actualización de la Lista Roja de Mamíferos Amenazados, T. pinchaque ha sido clasificado como en peligro de extinción, ya que se estima que sus poblaciones están experimentando una reducción de más del 50%, considerando tanto el pasado como el futuro inmediato. Actualmente, se estima que su población es de alrededor de 2,500 individuos. Los tapires son una especie muy esquiva, evitando el contacto con los humanos. Su uso del hábitat y la detectabilidad parecen aumentar con la distancia de las carreteras, lo que sugiere que su abundancia y comportamiento pueden estar influidos por la actividad humana [5].

Una de las principales amenazas actuales para T. pinchaque es la fragmentación y degradación de su hábitat, impulsadas por el aumento de la ganadería, la agricultura, la tala y la explotación de recursos naturales, como el oro y el cobre. Estas amenazas han generado problemas como la falta de conectividad entre hábitats, lo que ha imposibilitado la generación de procesos reproductivos exitosos en los últimos años. Otro problema, aunque menos grave, es la caza con fines alimentarios, medicinales o rituales [6].

A nivel mundial, la falta de recursos económicos representa uno de los principales desafíos para la implementación de proyectos o programas dirigidos a la conservación de la biodiversidad. Además, la escasez de estudios hace que no se disponga de suficiente información y datos que ayuden a desarrollar estrategias de conservación efectivas [7].

1.2 Preliminares

Biología del Tapir (Tapirus spp): Hábitos alimenticios y conducta reproductiva

El tapir de tierras bajas (Tapirus terrestris) es un gran herbívoro neotropical que presenta una dieta diversa, alimentándose de numerosas especies de plantas, así como de frutas y semillas de diferentes tamaños. Se ha documentado que consume frutos de 194 especies de plantas en la región neotropical, y se considera un eficiente dispersador de semillas, especialmente para palmeras y varias otras plantas frutales.

En cuanto a sus hábitos de defecación, los tapires utilizan letrinas comunitarias, que son lugares donde depositan grandes cantidades de estiércol. La descomposición de estos excrementos se estima en un periodo de tres a cuatro meses, dependiendo de las condiciones climáticas locales. Estos sitios han sido utilizados por los tapires durante muchos años y cumplen una función ecológica importante al proteger las semillas defecadas de los depredadores, cubriéndolas con material fecal y colocándolas lejos de las concentraciones de árboles adultos.

Así, las letrinas de los tapires no solo son cruciales para las funciones ecológicas de las plantas, como la dispersión de semillas y el reclutamiento, sino que también se convierten en puntos de atracción para otras especies en busca de alimento, al proporcionar una variedad de semillas que atraen invertebrados (una fuente para insectívoros) y otros recolectores con diferentes hábitos alimenticios.

Por otro lado, según Donnny et al., Malasia ha implementado un programa de cría del tapir malayo en condiciones ex situ y semisalvaje en el Centro de Conservación de Vida Silvestre de Sungai Dusun (SDWCC). Este estudio evaluó el patrón reproductivo y las frecuencias del tapir malayo entre 2004 y 2020. En un periodo de 16 años, se lograron 16 nacimientos, de los cuales cuatro fueron machos y siete hembras. Normalmente, un tapir malayo produce una cría por gestación; sin embargo, en 2007 se registró un nacimiento de gemelos. El análisis

reveló que el intervalo promedio entre partos es de 20.9 meses y que los nacimientos ocurren entre febrero y junio, así como de octubre a diciembre, sin nacimientos entre julio y septiembre [8]. La gestación promedio es de aproximadamente 13 meses, lo que sugiere que el apareamiento ocurre entre diciembre y abril, así como entre agosto y octubre. Esta información es crucial para entender el patrón reproductivo del tapir malayo en cautiverio, con miras a la conservación y manejo de la especie.

Ecología del Tapir: Densidad poblacional y estrategias de conservación a nivel internacional

El tapir centroamericano (Tapirus bairdii) está en peligro de extinción en su área de distribución, principalmente debido a la pérdida de hábitat y la caza excesiva. En la última década, se han realizado un creciente número de estudios en México y Centroamérica que abordan su distribución, abundancia y otros aspectos ecológicos. Estos estudios han proporcionado nuevos conocimientos sobre la ecología y el comportamiento de los tapires centroamericanos en estado silvestre, destacando que las poblaciones enfrentan diversas condiciones, desde la recuperación local en áreas protegidas hasta el aumento del aislamiento en fragmentos de bosques desprotegidos en el sureste de México [9].

Las evaluaciones de densidad del tapir centroamericano siguen siendo limitadas. Naranjo reportó, hace una década, densidades entre 0.05 y 0.24 tapires por km² en la Selva Lacandona y la Sierra Madre de Chiapas. Recientes estudios que utilizaron cámaras trampa en el norte de Oaxaca y en la Reserva de la Biosfera “El Triunfo” han actualizado estas cifras a 0.03 a 0.32 tapires por km².

Estrategias de conservación in situ y ex situ en Ecuador

La Amazonía Occidental se destaca como una de las regiones más biodiversas del planeta y la de mayor riqueza biológica en toda la cuenca amazónica. El Corredor Ecológico Llanganates-Sangay (CELS) se extiende entre las provincias de Tungurahua, Pastaza y Morona Santiago, en las estribaciones de los Andes ecuatorianos, abarcando aproximadamente 679 km², con más de 40 km de largo y entre 6 y 20 km de ancho, conectando los Parques Nacionales Llanganates y Sangay. La subcuenca alta del río Anzu vincula parte del corredor declarado con la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Llanganates, integrando áreas más tropicales en la alta Amazonía de las provincias de Pastaza y Napo.

De acuerdo con los criterios de la UICN, Arias [10] se identificaron 10 especies de macromamíferos en peligro a nivel global en la lista roja de mamíferos de Ecuador, clasificándose cinco de ellas como En Peligro y cinco como Vulnerable.

A nivel global, el cambio climático, las especies invasoras, la deforestación, la sobreexplotación de recursos naturales y la contaminación son solo algunas de las actividades humanas que están generando la crisis de biodiversidad más grave desde la extinción de los dinosaurios hace 65 millones de años. Esta situación se refleja también en Ecuador, donde la ganadería, la extracción de petróleo y la minería constituyen las principales amenazas a la biodiversidad [11,40]. La magnitud del problema es alarmante; el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático señala que aproximadamente el 50% de las especies estudiadas ya se han visto afectadas por el cambio climático. Este fenómeno altera significativamente las condiciones ambientales específicas que cada especie requiere, dificultando su capacidad de adaptación. Los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad pueden observarse en diversos niveles, incluyendo interacciones entre especies, cambios en la distribución geográfica y en la dinámica de los ecosistemas [12].

Tabla 1. Macromamíferos amenazados según el Libro Rojo de Mamíferos Ecuatorianos para el año 2011, comparado con el año 2021.

Especies	Categoría de amenazas (2011)	Categoría de amenaza (2021)
Tapirus pinchaque	En peligro crítico (CR)	En peligro crítico (CR)
Pantera Onca	Endangered (EN)	Endangered (EN)
Adorno de tremartos	Endangered (EN)	Endangered (EN)
Lagotrix Lagotricha	Endangered (EN)	Endangered (EN)
Tapirus terrestre	Endangered (EN)	Endangered (EN)
Puma concolor	Vulnerable (Vu)	Endangered (EN)
Leopardo tigrinus	Vulnerable (Vu)	Vulnerable (Vu)
Lartra longicaudis	Endangered (EN)	Vulnerable (Vu)
Nasua dorsal	Vulnerable (Vu)	Casi amenazado (NT)
Mazama ruf	Vulnerable (Vu)	Endangered (EN)
Cebus Yuracus	Casi amenazado (NT)	Vulnerable (Vu)
Aoutus sp	Casi amenazado (NT)	Endangered (EN)
Tayassu Pecari	Casi amenazado (NT)	Endangered (EN)
Alouatta Seniculus	Casi amenazado (NT)	Vulnerable (Vu)

Fuente: https://www.intechopen.com/chapters/85493

Avances en la investigación sobre el género Tapirus para orientar medidas de conservación y manejo

Es fundamental mencionar que, además de su inusual hábitat en altitudes elevadas, T. pinchaque juega un papel crucial en su ecosistema; se han identificado más de 50 especies de semillas en las heces de individuos que habitan en los Andes ecuatorianos, lo que destaca su rol en la dispersión de semillas. A pesar de su importancia

ecológica, los estudios genéticos sobre T. pinchaque son escasos. Por ello, la secuenciación y descripción detallada de su genoma mitocondrial, así como la evidencia de evolución adaptativa en los genes codificadores de proteínas mitocondriales en esta y otras especies de ungulados, representan un avance significativo para enriquecer los recursos genómicos que puedan contribuir a la conservación de esta especie, que enfrenta serios problemas ambientales.

Gómez et al. Reportaron por primera vez la vocalización de la danta de montaña (Tapirus pinchaque), especie que habita en el norte de Perú y en los páramos de Colombia y Ecuador. Aunque estudios previos han documentado vocalizaciones en cuatro especies de tapires, no existían datos sobre esta capacidad en la danta de montaña. Este registro se realizó en el Parque Regional Natural Ucumari en Risaralda, Colombia. Los sonidos observados están relacionados con comportamientos de cortejo por parte de la hembra para atraer al macho, y su estudio es relevante para comprender las interacciones entre los individuos de esta especie.

2 Diseño del método neutrosófico para la evaluación de la estrategia de manejo en la conservación de los tapires (Tapirus Spp.)

La presente sección realiza una descripción del método propuesto. Se detallan las diferentes actividades que garantizan la inferencia de la etapa procesamiento. Las actividades están computadas por: (i) identificar los criterios evaluativos; (ii) determinar las relaciones causales; (iii) obtener el MCN resultante de las relaciones causales; y (iv) inferencia del proceso [13-15]. La Figura 1 muestra el flujo de la etapa de procesamiento.

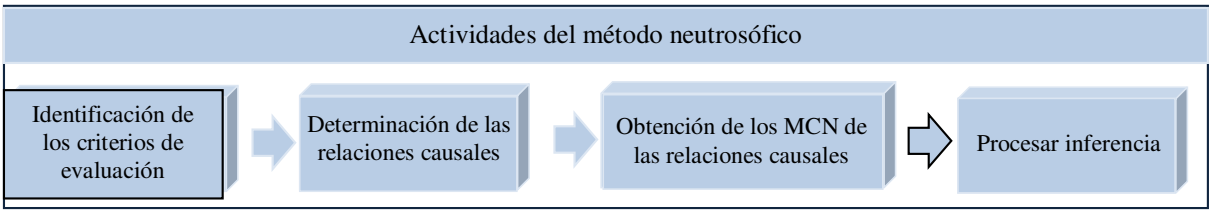


Figura 1. Flujo de trabajo de la etapa de procesamiento para la evaluación de la estrategia de manejo en la conservación de los tapires (Tapirus Spp.).

Actividad 1: Identificación de los criterios evaluativos.

La actividad inicia con la identificación de los expertos que intervienen en el proceso. A partir del trabajo del grupo de experto se determinan los criterios que se tendrán en cuenta para la inferencia del proceso. La actividad utiliza un sistema de trabajo en grupo mediante un enfoque multicriterios. Formalmente se puede definir el problema de recomendación de la guarda a menores a partir de la responsabilidad parental mediante el número de indicadores evaluativos del proceso, donde:

$$I = \{\mathrm{i}_1, \ldots \mathrm{i}_\mathrm{n}\} \quad (1)$$

El número de expertos que interviene en la valoración multicriterio, donde:

$$E = \{\mathrm{m}_1, \ldots \mathrm{m}_\mathrm{n}\} \quad (2)$$

El resultado de la actividad es la obtención de los diferentes indicadores evaluativos de la estrategia de manejo en la conservación de los tapires (Tapirus Spp.).

Actividad 2: determinaciones de las relaciones causales de los criterios.

Una vez obtenidos los criterios evaluativos, se determina las relaciones causales. Las relaciones causales constituyen la expresión de causalidad entre los diferentes criterios evaluativos. La determinación de las relaciones causales consiste en establecer a partir del trabajo en grupo la implicación entre conceptos. La información resultante representa el conocimiento primario para nutrir el proceso de inferencia [16, 17,41].

Las relaciones causales son representadas por variables difusas expresadas como términos lingüísticos [18]. En los modelos lingüísticos se suelen usar conjuntos de etiquetas lingüísticas con granularidad no superior a 13 [19, 20]. Es común utilizar conjuntos de granularidad impar, donde existe una etiqueta central y el resto de las etiquetas se distribuyen simétricamente a su alrededor.

Actividad 3: obtención del MCN.

Durante la etapa de ingeniería del conocimiento cada experto expresa la relación que existe entre cada par de conceptos C_i y C_j del mapa. Entonces, para cada relación causal se obtienen K reglas con la siguiente estructura: Si C_i es A entonces C_j es B y el peso W_{ij} es C. Cada nodo constituye un concepto causal, esta característica hace que la representación sea flexible para visualizar el conocimiento humano [21], [22]. La matriz de adyacencia se obtiene a partir los valores asignados a los arcos [23, 24] .

Los valores que se obtienen por el grupo de experto que intervienen en el proceso son agregados conformándose el conocimiento general con las relaciones entre los criterios. La actividad obtiene como resultado el MCN resultante [25, 26,42].

A partir de la obtención de las relaciones causales, se realiza el análisis estático[27-30]. Se toma de referencia el conocimiento almacenado en la matriz de adyacencia. Para el desarrollo del presente método se trabaja con el grado de salida tal como muestra la ecuación (3) [31-33].

$$id_i = \sum_{i=1}^{n} \left\| I_{ji} \right\| \tag{3}$$

Actividad 4: procesamientos de la inferencia:

Un sistema modelado por un MCN evolucionará durante el tiempo, donde la activación de cada neurona dependerá del grado de activación de sus antecedentes en la iteración anterior. Normalmente este proceso se repite hasta que el sistema estabilice o se alcance un número máximo de iteraciones.

El procesamiento para la inferencia, consiste en calcular el vector de estado A a través del tiempo, para una condición inicial A^0 [34]. De forma análoga a otros sistemas neuronales, la activación de C_i dependerá de la activación las neuronas que inciden directamente sobre el concepto C_i y de los pesos causales asociados a dicho concepto. La ecuación 6 muestra la expresión utilizada para el procesamiento.

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1;\, j\neq i}^{n} A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \tag{4}$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji}: es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y f (x) es la función de activación.

Los sistemas inestables pueden ser totalmente caóticos o cíclicos, y son frecuentes en modelos continuos. En resumen, el proceso de inferencia en un MCD puede mostrar una de las siguientes características:

- Estados de estabilidad: si $\exists tk \in \mathbb{N}$: $A_i^{(t+x)} = A_i^{(t)} \forall t > tk$ por tanto, después de la iteración tk el FCM producirá el mismo vector de estado. Después esta configuración es ideal, pues representa la codificación de un patrón oculto en la causalidad.
- Estados cíclicos: si $\exists tk, P \in \mathbb{N}$: $A_i^{(t+p)} = A_i^{(t)} \forall t > tk$. El mapa tiene un comportamiento cíclico con periodo P. En este caso el sistema producirá el mismo vector de estado cada P-ciclos del proceso de inferencia.
- Estado caótico: el mapa produce un vector de estado diferente en cada ciclo. Los conceptos siempre varían su valor de activación.

3 Implementación del método para la evaluación de la estrategia de manejo en la conservación de los tapires (Tapirus Spp.)

La presente sección ilustra la implementación del método propuesto. Se describe un estudio de caso para la evaluación de la estrategia de manejo en la conservación de los tapires (Tapirus Spp.). A continuación se describen los resultados del estudio:

Actividad 1 Identificación de los criterios evaluativos:

Para el desarrollo de estudio, se consultaron 3 expertos. El grupo representa la base para la definición de los criterios evaluativos y las relaciones causales. A partir del trabajo realizado por el grupo de expertos se identificaron el conjunto de criterios. La tabla 2 muestra el resultado de los criterios identificados.

Tabla 2. Criterios evaluativos.

No.	Criterios	Descripción
1	Población y Tendencias Demográficas	Monitorear el tamaño y la estructura de la población de tapires, así como las tendencias poblacionales a lo largo del tiempo.
2	Diversidad Genética	Evaluar la variabilidad genética dentro de las poblaciones de tapires, lo que puede influir en su capacidad de adaptación y supervivencia.
3	Hábitat y Calidad del Entorno	Analizar la calidad y extensión del hábitat disponible, asegurando que cumpla con las necesidades ecológicas del tapir.
4	Disponibilidad de Alimentos	Considerar la diversidad y disponibilidad de las fuentes de alimento en el hábitat, fundamentales para la salud de los tapires.

No.	Criterios	Descripción
5	Interacciones con Otras Especies	Evaluar las relaciones ecológicas con otras especies, tanto depredadores como competidores, que afectan a los tapires.
6	Impacto del Cambio Climático	Analizar cómo los cambios climáticos están afectando los hábitats y la distribución de los tapires.
7	Efectos de la Fragmentación del Hábitat	Evaluar cómo la fragmentación afecta la movilidad y la conectividad de las poblaciones de tapires.
8	Tasas de Mortalidad y Causas	Investigar las tasas de mortalidad y las principales causas, como caza, enfermedades o cambio en el hábitat.
9	Medidas de Protección Legal	Revisar la efectividad de las leyes y regulaciones que protegen a los tapires y su hábitat.
10	Involucramiento Comunitario	Evaluar el nivel de participación de las comunidades locales en programas de conservación y su actitud hacia los tapires.
11	Educación y Sensibilización	Medir el impacto de las campañas de educación ambiental sobre la conservación de los tapires.
12	Investigación Científica	Promover e incorporar investigaciones que proporcionen datos relevantes para el manejo efectivo de los tapires.
13	Programas de Rehabilitación y Rescate	Evaluar la eficacia de los programas destinados a recuperar individuos heridos o desplazados y su reintegración en la población salvaje.
14	Financiamiento y Recursos	Considerar la disponibilidad y el uso de recursos financieros destinados a la conservación de tapires y su hábitat.
15	Colaboración Interinstitucional	Medir la cooperación entre organizaciones gubernamentales, ONG y comunidades en la implementación de estrategias de conservación.

Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales de los criterios:

Para la identificación de las relaciones causales se obtuvo la información del grupo de expertos que participa en el proceso. Se identificación como resultado 3 matrices de adyacencia con el conocimiento expresado por cada experto. Las matrices pasaron por un proceso de agregación en la que se genera como resultado final una matriz de adyacencias resultante. Los valores de causalidad son definidos a partir de números neutrosóficos según la escala definida en la tabla 3.

Tabla 3: Términos lingüísticos empleados.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente alto(EB)	[1,0,0]
Muy muy alto (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy alto (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Alto (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente alto (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media(M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente bajo (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Bajo (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy bajo (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy bajo (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente bajo (EM)	[0,1,1]

La tabla 4 muestra la matriz de adyacencia resultante del proceso.

Tabla 4. Matriz de adyacencia a partir de los criterios evaluativos.

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}
C_1	MMB	MMB	MM	EM	EB	EB	B	MMB	MMB	MMB	EB	M	MMB	MMB	MMB
C_2	B	B	MMB	EB	EB	B	EM	B		B	MMB	EB	B	B	MMB
C_3	EB	M	MMB	MMB	MMB	EM	MMB	MDM	M	M	EB	B	M	MMB	M
C_4	B	EB	EB	MMB	M	B	B	MDM	MDM	B	M	MDM	B	MDM	EM
C_5	M	EB	MDM	EB	EM	B	B	MM	MM	M	MM	EB	M	MDM	B

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}
C_6	M	M	MM	B	B	EB	MMB	EB	EB	B	EM	MMB	B	MM	MDM
C_7	M	EM	EB	MMB	M	M	M	MM	MM	MM	M	MDM	MM	EB	MMB
C_8	EM	MM	M	M	EB	EB	MDM	MDM	MM	B	M	MM	B	MM	MM
C_9	MDM	M	MM	M	MM	MM	MMB	EB	EB	MM	B	EM	MM	MM	MMB
C_{10}	MDM	B	MDM	MM	MDM	MM	B	EB	MDM	EB	MDM	MDM	EB	MM	B
C_{11}	M	EB	MDM	EB	EB	EB	MM	MM	EM	MM	MM	MDM	MM	M	MM
C_{12}	EB	MM	EM	MM	MM	MM	EB	MM	MM	M	EB	MM	M	MM	EB
C_{13}	MDM	MM	MM	MMB	MDM	MDM	B	EM	B	MDM	B	B	MDM	MDM	B
C_{14}	EB	MDM	MMB	MMB	M	MDM	EB	M	MDM	MMB	EB	B	MMB	EM	EB
C_{15}	MDM	MMB	M	MMB	EB	EB	M	EB	EB	EM	M	B	EM	B	B

Actividad 3 obtención del MCN:

Una vez obtenidos los indicadores evaluativos y sus relaciones causales correspondientes en la actividad 2, se realiza la representación del conocimiento en el MCN resultante.

Actividad 4 procesamientos de la inferencia:

La matriz de adyacencia posee el conocimiento necesario para determinar los pesos atribuidos a cada indicador evaluativo. Para calcular los pesos, se emplea la ecuación 3. La tabla 5 muestra los resultados del cálculo realizado.

Tabla 5: Peso atribuido a los indicadores criterios.

Criterios	Peso
C_1	[1,0,0]
C_2	[0.9, 0.1, 0.1]
C_3	[0.8,0,15,0.20]
C_4	[1,0,0]
C_5	[0.9, 0.1, 0.1]
C_6	[0.9, 0.1, 0.1]
C_7	[1,0,0]
C_8	[0.9, 0.1, 0.1]
C_9	[1,0,0]
C_{10}	[0.9, 0.1, 0.1]
C_{11}	[0.9, 0.1, 0.1]
C_{12}	[0.8,0,15,0.20]
C_{13}	[0.9, 0.1, 0.1]
C_{14}	[0.9, 0.1, 0.1]
C_{15}	[0.9, 0.1, 0.1]

Una vez determinado los pesos de los indicadores. Se determinan las preferencias del comportamiento de los 15 criterios evaluativos. Las tabla 4 muestran los resultados del cálculo realizado.

Tabla 6: Cálculo de preferencias atribuidas a cada criterio para la evaluación de la estrategia de manejo en la conservación de los tapires (Tapirus Spp.).

Criterio	Peso	Preferencia	Agregación
C_1	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C_2	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_3	[0.8,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_4	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C_5	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_6	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.90, 0.1, 0.1]

Criterio	Peso	Preferencia	Agregación
C_7	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_8	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_9	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.90, 0.1, 0.1]
C_{10}	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_{11}	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_{12}	[0.8,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_{13}	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.90, 0.1, 0.1]
C_{14}	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_{15}	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]
Índice			[0.93, 0.1, 0.1]

La figura 2 muestra una gráfica las preferencias del comportamiento para los 15 criterios de análisis, a partir del procesamiento que se realiza según descripción de la tabla 4.

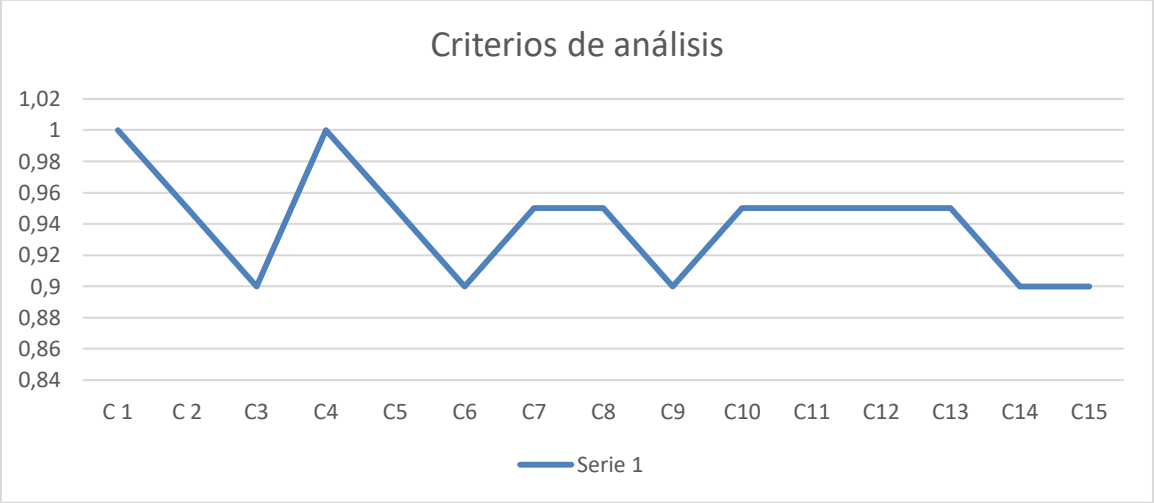


Figura 2. Comportamiento de los diferentes criterios de análisis.

4 Discusiones

En Ecuador, la documentación de mamíferos ha sido más exhaustiva en la región amazónica. Según Swing, provincias como Morona Santiago y Napo presentan una notable diversidad, con 206 especies registradas. En el oeste del país, se han reportado aproximadamente 140 especies, incluidas actualizaciones recientes en varias áreas protegidas, especialmente en bosques secos. Estos censos resaltan la importancia de las áreas protegidas como refugios vitales para las poblaciones de mamíferos en la región [35,43].

Respecto a la diversidad de poblaciones, su estructura y sus implicaciones para la conservación, los tapires de tierras bajas están sufriendo un rápido declive en el bosque atlántico brasileño y en los llanos colombianos y venezolanos, con reportes de extinciones locales en Argentina y en el sur y este de Brasil. Este descenso se atribuye a la pérdida de hábitat y a la caza de subsistencia, lo que ha llevado a que la especie sea catalogada como "vulnerable" en la Lista Roja de la UICN y a la elaboración de un plan de acción para su conservación. Sin embargo, un componente clave para el éxito de cualquier estrategia de conservación es una comprensión detallada de la historia, dinámica y estructura poblacional de la especie [36,44].

Castillo et al [37]. Llevaron a cabo un estudio en el que analizaron un locus de ADN mitocondrial (mtADN) del tapir. Aunque las conclusiones son limitadas, sus hallazgos ofrecen información valiosa para la conservación del tapir. Recientemente, una evaluación integral del estado del hábitat ha indicado una baja probabilidad de supervivencia a largo plazo para las poblaciones periféricas (como los llanos colombianos y venezolanos, así como los grupos de bosques secos del sur). En estas poblaciones se observan niveles de diversidad haplotípica menores que en otras áreas, lo que podría atribuirse tanto a la reducción poblacional como a una posible menor diversidad genética en los bordes del rango. Sea cual fuera la causa, es probable que estas poblaciones alberen diversidad genética única, lo que las convierte en importantes para la conservación.

El tapir malayo (Tapirus indicus) es otra especie en peligro de extinción en el sudeste asiático. A lo largo de los años, ha habido pocos informes sobre su estructura genética poblacional y su historia evolutiva en esa región. Aunque la población cautiva de tapir malayo en Tailandia ha sido objeto de investigaciones recientes, no se ha

realizado ningún estudio genético poblacional a gran escala en la península malaya desde la última década. Este estudio informa sobre la diversidad genética e intenta inferir detalles sobre la filogeografía del tapir malayo en la península, utilizando la región de control del ADN mitocondrial e integrando datos de estudios previos.

La función de dispersión de semillas de los tapires de tierras bajas en los bosques amazónicos, que enfrentan diversas perturbaciones humanas (como incendios y fragmentación) y naturales (como sequías extremas y tormentas de viento). Mediante una combinación de observaciones de campo, cámaras trampa y datos obtenidos por detección y alcance de luz (LiDAR), encontraron que los tapires se desplazan y defecan con mayor frecuencia en bosques degradados, dispersando un promedio de 9,822 semillas por hectárea al año en estas áreas, en comparación con las 2,950 semillas por hectárea al año en bosques no perturbados [38,45].

Al dispersar efectivamente semillas en bosques alterados, los tapires contribuyen a la regeneración natural, que es una de las formas más costoefectivas y viables de restaurar los bosques tropicales. A través de la dispersión de semillas grandes que eventualmente se convierten en árboles, estos frugívoros ayudan indirectamente a mantener las reservas de carbono en los bosques. Estas funciones son clave para que los países tropicales logren sus objetivos de conservación de la biodiversidad y restauración de servicios ecosistémicos. A largo plazo, la preservación de estos animales, junto con sus hábitats, puede facilitar la recuperación natural de los bosques degradados en todo el trópico.

Gutiérrez et al. [10] Señalaron que los grandes mamíferos pueden servir como indicadores de la calidad del hábitat y del estado de conservación. En un estudio que abarcó áreas de muestreo a lo largo de un gradiente de perturbación humano, desde zonas cercanas a actividades antropogénicas hasta bosques prístinos, se documentaron 35 especies de macromamíferos, de las cuales 13 están en diferentes niveles de amenaza de extinción.

Un hallazgo significativo del estudio fue que cuatro especies de grandes mamíferos requerían áreas de vida mayores a 500 hectáreas por individuo: T. pinchaque, T. terrestris, T. ornatus y Puma concolor. Estas especies muestran alta movilidad en su búsqueda de alimento y para evitar overlap en los territorios de otros individuos. Esto implica que las áreas muestreadas actúan como corredores biológicos hacia y desde los Parques Nacionales Llanganates y Sangay, considerando que la distancia entre los parques y los puntos muestreados varía entre 2 y 8 km. [46]

Finalmente, Scullion [39]. Destacaron que la caza es una de las principales amenazas a nivel mundial. Para su investigación, recopilaron informes de guardaparques, análisis de cámaras trampa y observaciones de campo. Sus hallazgos mostraron que las especies vulnerables a la caza, como el mono choro pardo (Lagothrix lagotricha), el tapir amazónico (Tapirus terrestris) y el pecarí de collar (Pecari tajacu), rara vez se.

5 Conclusión

La implementación del método neutrosófico permitió la evaluación de la estrategia de manejo en la conservación de los tapires (Tapirus Spp.). La principal amenaza para la mayoría de los invertebrados, así como para diversas especies de vertebrados, plantas y hongos, es la destrucción de su hábitat. En el caso de T. terrestris y T. pinchaque, la degradación de su entorno representa un peligro constante. Actualmente, no existen estudios longitudinales que permitan analizar la variabilidad poblacional del tapir y determinar las causas de dicha variación. Estos problemas ecológicos pueden llevar a la pérdida de intercambio y flujo genético, aumentando su vulnerabilidad y riesgo de extinción.

Las estrategias más relevantes se han centrado en establecer un programa de monitoreo en las localidades incluidas en los planes de conservación de la biodiversidad. Esto implica aumentar el esfuerzo de muestreo y el número de cámaras trampa, además de realizar visitas en distintas épocas del año para identificar patrones de actividad, uso del hábitat y el estado poblacional, con un enfoque particular en las especies de tapir y otras en peligro. Es igualmente crucial involucrar a los actores locales y a las comunidades en estas iniciativas, fomentando estrategias de conservación y uso sostenible de los recursos, como el turismo comunitario, el manejo de recursos forestales, la educación ambiental y la agroecología, que se presentan como alternativas efectivas para la protección del medio ambiente.

Referencias

[1] R. González Salas, M. M. Vidal del Río, M. A. Jiménez Villa, and D. R. Villamarín Barragán, “Gestión de áreas protegidas en el Ecuador: estrategias y conservación,” *Revista Universidad y Sociedad,* vol. 16, no. 4, pp. 160-169, 2024.

[2] D. G. Tirira, C. A. Urgilés-Verdugo, A. Tapia, C. A. Cajas-Bermeo, X. Izurieta V, G. Zapata-Ríos, C. A. Urgilés-Verdugo, D. G. Tirira, D. G. Tirira, and A. Tapia, "Tropical ungulates of Ecuador: an update of the state of knowledge," *Ecology and conservation of tropical ungulates in Latin America*, pp. 217-271: Springer, 2019.

[3] E. G. Gutiérrez, J. Ortega, A. Savoie, and J. A. Baeza, “The mitochondrial genome of the mountain wooly tapir, Tapirus pinchaque and a formal test of the effect of altitude on the adaptive evolution of mitochondrial protein coding genes in odd-toed ungulates,” *BMC genomics,* vol. 24, no. 1, pp. 527, 2023.

[4] C. Amiot, C. C. Santos, D. Arvor, B. Bellón, H. Fritz, C. Harmange, J. D. Holland, I. Melo, J.-P. Metzger, and P.-C. Renaud, "The scale of effect depends on operational definition of forest cover—evidence from terrestrial mammals of the Brazilian savanna," *Landscape Ecology,* vol. 36, pp. 973-987, 2021.

[5] C. R. Fonseca, G. B. Paterno, D. L. Guadagnin, E. M. Venticinque, G. E. Overbeck, G. Ganade, J. P. Metzger, J. Kollmann, J. Sauer, and M. Z. Cardoso, "Conservation biology: four decades of problem-and solution-based research," *Perspectives in Ecology and Conservation,* vol. 19, no. 2, pp. 121-130, 2021.

[6] C. Mestanza-Ramón, R. J. Herrera Feijoo, C. Chicaiza-Ortiz, I. D. Gaibor, and R. G. Mateo, "Estimation of Current and Future Suitable Areas for Tapirus pinchaque in Ecuador," *Sustainability,* vol. 13, no. 20, pp. 11486, 2021.

[7] L. Lautenschlager, Y. Souza, N. Villar, M. Galetti, and K. J. Feeley, "Communal tapir latrines are foraging sites for tropical forest vertebrates," *Global Ecology and Conservation,* vol. 52, pp. e02950, 2024.

[8] C. H. van Leeuwen, N. Villar, I. Mendoza Sagrera, A. J. Green, E. S. Bakker, M. B. Soons, M. Galetti, P. A. Jansen, B. A. Nolet, and L. Santamaría, "A seed dispersal effectiveness framework across the mutualism–antagonism continuum," *Oikos,* vol. 2022, no. 9, pp. e09254, 2022.

[9] E. J. Naranjo, "Baird's tapir ecology and conservation in Mexico revisited," *Tropical Conservation Science,* vol. 11, pp. 1940082918795558, 2018.

[10] R. Arias-Gutierrez, A. Tapia, and J. P. R. Puig, "Conservation Status of Macro Mammals in the Llanganates-Sangay Ecological Corridor and Anzu River Subbasin," *Tropical Forests-Ecology, Diversity and Conservation Status*: IntechOpen, 2023.

[11] M.-A. Duenas, D. J. Hemming, A. Roberts, and H. Diaz-Soltero, "The threat of invasive species to IUCN-listed critically endangered species: A systematic review," *Global Ecology and Conservation,* vol. 26, pp. e01476, 2021.

[12] B. O'Connor, S. Bojinski, C. Röösli, and M. E. Schaepman, "Monitoring global changes in biodiversity and climate essential as ecological crisis intensifies," *Ecological Informatics,* vol. 55, pp. 101033, 2020.

[13] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[14] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[15] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[16] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[17] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[18] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[19] S. M. McCauley, and M. H. Christiansen, "Language learning as language use: A cross-linguistic model of child language development," *Psychological review,* vol. 126, no. 1, pp. 1, 2019.

[20] Z. Wu, J. Xu, X. Jiang, and L. Zhong, "Two MAGDM models based on hesitant fuzzy linguistic term sets with possibility distributions: VIKOR and TOPSIS," *Information Sciences,* vol. 473, pp. 101-120, 2019.

[21] B. B. Fonseca, L. C. M. Benitez, and Á. M. H. Oliva, "La estructura de desglose del trabajo como mecanismo viable para la generación de proyectos exitosos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 5, pp. 63-75, 2019.

[22] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[23] M. Leyva-Vázquez, K. Pérez-Teruel, A. Febles-Estrada, and J. Gulín-González, "Modelo para el análisis de escenarios basado en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingeniería y Universidad,* vol. 17, pp. 375-390, 2013.

[24] K. Papageorgiou, P. K. Singh, E. Papageorgiou, H. Chudasama, D. Bochtis, and G. Stamoulis, "Fuzzy Cognitive Map-Based Sustainable Socio-Economic Development Planning for Rural Communities," *Sustainability,* vol. 12, no. 1, pp. 1-31, 2019.

[25] A. P. Anninou, and P. P. Groumpos, "A new mathematical model for fuzzy cognitive maps-application to medical problems," *Системная инженерия и информационные технологии,* vol. 1, no. 1, pp. 63-66, 2019.

[26] M. Khodadadi, H. Shayanfar, K. Maghooli, and A. H. Mazinan, "Fuzzy cognitive map based approach for determining the risk of ischemic stroke," *IET systems biology,* vol. 13, no. 6, pp. 297-304, 2019.

[27] R. D. B. Garcia, and N. R. Y. Rodríguez, "Gestión del talento humano y su influencia en la contratación del personal," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 15, no. 6, pp. 128-141, 2022.

[28] B. M. P. Herrera, and L. Ruiz, "La educación a distancia en la educación superior cubana. Estudio de matrícula y desarrollo en la formación de pregrado," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 13, no. 3, pp. 76-89, 2020.

[29] A. Rodríguez, A. D. C. R. Gonzalez, J. C. P. Tarragó, and D. L. D. Gálvez, "Implementación de algoritmos de Inteligencia Artificial en la predicción de nuevos conocimientos mediante enseñanza constructivista," *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 3, pp. 131-141, 2021.

[30] V. d. R. P. Rodríguez, "Las TIC y la educación en los tiempos de pandemia," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 6, pp. 104-117, 2021.

[31] E. White, and D. Mazlack, "Discerning suicide notes causality using fuzzy cognitive maps." pp. 2940-2947.

[32] M. Y. L. Vasquez, G. S. D. Veloz, S. H. Saleh, A. M. A. Roman, and R. M. A. Flores, "A model for a cardiac disease diagnosis based on computing with word and competitive fuzzy cognitive maps," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil,* vol. 19, no. 1, 2018.

[33] M. J. Ladeira, F. A. Ferreira, J. J. Ferreira, W. Fang, P. F. Falcão, and Á. A. Rosa, "Exploring the determinants of digital entrepreneurship using fuzzy cognitive maps," *International Entrepreneurship and Management Journal,* vol. 15, no. 4, pp. 1077-1101, 2019.

[34] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.

[35] K. Swing, "Absceso periodontal en un Tapir amazónico salvaje Tapirus terrestris," *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías,* vol. 4, no. 2, 2012.

[36] J. B. Pasa, R. L. Massara, C. E. Widmer, A. L. Desbiez, G. F. Massocato, L. M. Barreto, and F. C. Azevedo, "Density, habitat use and activity patterns of the last giant armadillo population in the Brazilian Atlantic Forest," *Mammalian Biology,* vol. 102, no. 5, pp. 1631-1645, 2022.

[37] D. Castillo-Figueroa, D. Martínez-Medina, and M. E. Rodríguez-Posada, "Activity patterns of medium and large mammals in two savanna ecosystems in the Colombian Llanos," *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales,* vol. 45, no. 177, pp. 1071-1083, 2021.

[38] Q. L. Lim, C. S. Y. Yong, W. L. Ng, A. Ismail, J. J. Rovie-Ryan, N. Rosli, and G. Annavi, "Genetic diversity and phylogenetic relationships of Malayan tapir (Tapirus indicus) populations in the Malay Peninsula based on mitochondrial DNA control region," *Biodiversity and Conservation,* vol. 30, no. 8, pp. 2433-2449, 2021.

[39] J. J. Scullion, J. Fahrenholz, V. Huaytalla, E. M. Rengifo, and E. Lang, "Mammal conservation in Amazonia's protected areas: A case study of Peru's Ichigkat Muja-Cordillera del Cóndor National Park," *Global Ecology and Conservation,* vol. 26, pp. e01451, 2021.

[40] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[41] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[42] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[43] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[44] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[45] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[46] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 19, 2025. Aceptado: marzo 09, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para evaluar los recubrimientos DLC bajo condiciones de erosión seca

Neutrosophic method for evaluating DLC coatings under dry weathering conditions

Jorge Andrés Rodas Buenaño [1], Antonio Gabriel Castillo Medina [2], Andrés Sebastián Villacrés Quintana [3], and Javier Renato Moyano Arévalo[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.jorgerb85@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.antoniocm83@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.andresvq05@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.javierma42@uniandes.edu.ec

Resumen. Este estudio tiene como objetivo desarrollar un Método Neutrosófico para evaluar los recubrimientos de carbono tipo diamante (DLC) bajo condiciones de erosión seca. Se presenta una evaluación exhaustiva del comportamiento de estos recubrimientos, utilizando una plataforma de erosión seca diseñada específicamente para esta investigación. Se investigó el rendimiento de diversos recubrimientos DLC, incluyendo carbono amorfo hidrogenado (a-C:H), carbono amorfo dopado con silicio (a-C:H:Si) y carbono amorfo dopado con tungsteno (a-C:H:W). Las pruebas se realizaron utilizando partículas de arena de sílice de 250 µm a una velocidad de impacto de 15 m/s y un ángulo de 90 grados. Los resultados revelan diferencias significativas en la resistencia a la erosión entre los diversos tipos de recubrimientos DLC, así como la influencia crucial del material del sustrato en su rendimiento. Este enfoque permitirá no solo evaluar de manera más rigurosa las propiedades de erosión de los recubrimientos DLC, sino también establecer una metodología reproducible que se pueda aplicar en futuros estudios. De este modo, se contribuirá al entendimiento de cómo optimizar estos recubrimientos en aplicaciones industriales donde la resistencia al desgaste es esencial, potenciando así su uso en diversas aplicaciones tecnológicas. El desarrollo del Método Neutrosófico promete ser un avance significativo en la caracterización y mejora de los recubrimientos DLC en condiciones de erosión seca.

Palabras Claves: método neutrosófico, criterio de experto, recubrimientos DLC, erosión seca, carbono amorfo, desgaste, ingeniería de superficies.

Abstract. This study aims to develop a Neutrosophic Method to evaluate diamond-like carbon (DLC) coatings under dry erosion conditions. A comprehensive evaluation of the performance of these coatings is presented, using a dry erosion rig specifically designed for this investigation. The performance of various DLC coatings was investigated, including hydrogenated amorphous carbon (a-C:H), silicon-doped amorphous carbon (a-C:H:Si) and tungsten-doped amorphous carbon (a-C:H:W). Tests were performed using 250 µm silica sand particles at an impact velocity of 15 m/s and a 90 degree angle. The results reveal significant differences in erosion resistance between the various types of DLC coatings, as well as the crucial influence of the substrate material on their performance. This approach will not only allow a more rigorous evaluation of the erosion properties of DLC coatings, but also establish a reproducible methodology that can be applied in future studies. In this way, it will contribute to the understanding of how to optimize these coatings in industrial applications where wear resistance is essential, thus enhancing their use in various technological applications. The development of the Neutrosophic Method promises to be a significant advance in the characterization and improvement of DLC coatings under dry erosion conditions.

Keywords: Neutrosophic method, expert judgment, DLC coatings, dry erosion, amorphous carbon, wear, surface engineering

1 Introducción

El desgaste erosivo representa un desafío significativo en numerosas aplicaciones industriales, desde turbinas de gas hasta sistemas de transporte de partículas [1]. La exposición de las superficies de los materiales al impacto localizado de partículas sólidas aumenta el desgaste, retirando material de la superficie mediante un proceso de deformación [2]. Este fenómeno provoca la reducción de las propiedades mecánicas, exponiendo el componente a fallar y comprometiendo su vida útil, lo que resulta en pérdidas económicas significativas [3,19].

La ingeniería de superficies ha emergido como una solución prometedora para mitigar los efectos del desgaste erosivo. En particular, los recubrimientos de carbono tipo diamante (DLC) han atraído considerable atención debido a sus propiedades excepcionales, como alta dureza, bajo coeficiente de fricción y transparencia [4]. Sin embargo, la aplicación efectiva de estos recubrimientos en entornos de erosión requiere una comprensión profunda de su comportamiento bajo el impacto de partículas sólidas.

Los recubrimientos DLC abarcan una amplia gama de estructuras de carbono amorfo, desde carbono amorfo hidrogenado (a-C:H) hasta carbono amorfo tetraédrico (ta-C), con diversas composiciones y propiedades mecánicas [5]. La concentración de enlaces sp3 en estos recubrimientos determina en gran medida sus propiedades, con valores de dureza que pueden variar desde 10 hasta 80 GPa [6].

El estudio del comportamiento erosivo de los recubrimientos DLC presenta desafíos únicos [7]. A diferencia de los materiales a granel, donde la tasa de erosión se puede medir fácilmente por pérdida de masa, los recubrimientos delgados requieren técnicas más sofisticadas para rastrear su degradación. El daño del recubrimiento por erosión depende de factores como el material y espesor de la película, el material del sustrato, las propiedades de la interfaz y los parámetros de prueba [8]. En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un método neutrosófico para evaluar los recubrimientos DLC bajo condiciones de erosión seca.

2 Materiales y métodos

Los conjuntos Neutrosóficos son una generalización de un conjunto borroso (espacialmente de conjunto intuicionístico borroso) [9, 10]. Deja ser U, un universo de discurso, y M un conjunto incluido en U. Un elemento x de U es notado en respeto del conjunto M como x(T, I, F)y pertenece a M en el modo siguiente: Es t% verdad en el conjunto, i% indeterminante (desconocido si sea) en el conjunto, y f% falso, donde t varia en T, i varía en I, f varía en F [11]. Estadísticamente T, I, F son subconjuntos, pero dinámicamente T, I, F son funciones u operaciones dependientes de muchos parámetros desconocidos o conocidos.

Con el propósito facilitar la aplicación práctica a problema de toma de decisiones se realizó la propuesta de los conjuntos neutrosóficos de valor único (SVNS por sus siglas en inglés) los cuales permiten el empleo de variables lingüísticas [12] lo que aumenta la interpretabilidad en los modelos de recomendación y el empleo de la indeterminación. Sea X un universo de discurso.Un SVNS A sobre X es un objeto de la forma.

$$A = \{\langle x, u_A(x), r_A(x), v_A(x)\rangle : x \in X\} \quad (1)$$

Donde $u_A(x): X \rightarrow [0,1]$, $r_A(x),: X \rightarrow [0,1]$ y $v_A(x): X \rightarrow [0,1]$ con $0 \leq u_A(x) + r_A(x) + v_A(x) :\leq 3$ para todo $x \in X$.

El intervalo $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$ denotan las membrecías a verdadero, indeterminado y falso de x en A, respectivamente.

Por cuestiones de conveniencia un número SVN será expresado como $A = (a, b, c)$, donde $a, b, c \in [0,1]$, y $+ b + c \leq 3$.

2.1 Método neutrosófico para evaluar los recubrimientos DLC bajo condiciones de erosión seca

El método Delphi es una técnica de recogida y procesamiento de información, que consiente obtener la valoración de un grupo de expertos a través de la consulta. Esta técnica, de carácter cualitativo, es recomendable cuando es necesario, recoger opiniones especializadas consensuadas y representativas de un colectivo de individuos de alta especialización, constituyendo un importante referente de validación teórica de las propuestas interventivas [13-15].

El método para evaluar los recubrimientos DLC bajo condiciones de erosión seca, utiliza el criterio de experto para realizar la inferencia en la evaluación y decisión. Se contactaron un total de 9 expertos.

Se les pidió que respondieran un Test de conocimiento, a lo que accedieron amablemente todos los expertos convocados. Con esta técnica se evaluaron los siguientes elementos cognitivos para la determinación de sus competencias sobre el tema que serían consultados [16, 17,20]:

- Kc: Nivel de información relevante y conocimiento que sobre el tema que tienen los expertos.
- Ka: Coeficiente de argumentación de los expertos a partir del análisis crítico sobre el tema.
- K: Determinación del coeficiente de competencia de los expertos consultados, utilizando la fórmula, según la metodología del método Delphi donde K= 0,5 x (Kc+Ka).

Este enfoque multidisciplinario en la selección de los expertos asegura que las inferencias realizadas en la evaluación y decisión sean pertinentes y reflejen un amplio espectro de conocimientos y experiencias en el área de estudio.

3 Resultados y discusión

Para implementar el Método Neutrosófico y evaluar los recubrimientos de carbono tipo diamante (DLC) bajo condiciones de erosión seca, se convocó un panel de 9 expertos en materiales y recubrimientos industriales. Este panel fue cuidadosamente seleccionado de acuerdo con criterios de inclusión que contemplaron la experiencia mínima de 10 años en investigación y desarrollo de materiales, así como la participación en proyectos relacionados con recubrimientos avanzados. Los expertos provienen de diversas especializaciones, entre las que se incluyen la ingeniería de materiales, la física aplicada y la tribología, lo que garantiza un enfoque multidisciplinario en el análisis y la interpretación de los resultados. Todos los miembros del panel han publicado en revistas de alto impacto y han sido involucrados en normativas y estándares internacionales relacionados con la evaluación de recubrimientos, lo que evidencia su conocimiento profundo y actualizado sobre las propiedades y comportamientos de los recubrimientos DLC. [21,22]

Después de la determinación del nivel de información de cada experto (Kc) y los niveles de argumentación sobre el objeto de la investigación, se determinaron sus competencias con el siguiente resultado. Los atributos se valorarán en la siguiente escala lingüística (Tabla 1). Estas valoraciones serán almacenadas para nutrir la base de datos.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente alto(EA)	(1,0,0)
Muy muy alto (MMA)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy alto (MA)	(0.8,0,15,0.20)
Alto (A)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente alto (MDA)	(0.60,0.35,0.40)
Media(M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente bajo (MDB)	(0.40,0.65,0.60)
Bajo (B)	(0.30,0.75,0.70)
Muy bajo (MB)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy bajo (MMB)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente bajo (EB)	(0,1,1)

La tabla 2 recoge los resultados obtenidos en el proceso de selección de expertos y describe el reconocimiento del coeficiente de conocimientos o de información sobre los recubrimientos DLC bajo condiciones de erosión seca.

Tabla 2: Resultados obtenidos en el proceso de selección de expertos.

Expertos	Kc.	Ka.	K.	VALORACIÓN
1	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.8,0,15,0.20)	(0.85,0,15,0.20)	Muy muy alto (MMA)
2	(1,0,0)	(0.8,0,15,0.20)	(0.9, 0.1, 0.1)	Extremadamente alto(EA)
3	(0.50,0.50,0.50)	(0.6,0,15,0.20)	(0.55,0,15,0.20)	Media(M)
4	(0.8,0,15,0.20)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.85,0,15,0.20)	Muy alto (MA)
5	(1,0,0)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.95, 0.1, 0.1)	Extremadamente alto(EA)
6	(0.60,0.35,0.40)	(0.8,0,15,0.20)	(0.70,0.25,0.30)	Medianamente alto (MDA)
7	(0.50,0.50,0.50)	(0.6,0,15,0.20)	(0.55,0,15,0.20)	Media(M)
8	(0.8,0,15,0.20)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.85,0,15,0.20)	Muy alto (MA)
9	(0.70,0.25,0.30)	(1,0,0)	(0.85,0,15,0.20)	Muy alto (MA)
Total			**9/9=1**	**Alto**

La tabla 3 muestra la codificación de los valores de competencia de los expertos para evaluar los recubrimientos DLC bajo condiciones de erosión seca.

Tabla 3: Resultados obtenidos codificación de los valores de competencia de los expertos.

Desde	Valor	Hasta	Competencia
0.8 <	K	≤ 1.0	Alto
0.5 <	K	≤ 0.8	Medio
	K	≤ 0.5	Bajo

Como resultado se decidió la selección de los 7 expertos con niveles de competencias Alto y Medio.

3.1 Implementación del método neutrosófico para evaluar los recubrimientos DLC bajo condiciones de erosión seca

Para la validación de la propuesta se establecieron 3 criterios contentivos de la propuesta, los cuales fueron revisados y evaluados minuciosamente por los expertos. La tabla 4 muestra los criterios identificados.

Tabla 4: Criterios evaluativos identificados por los expertos.

Criterio	Descripción
1	Resistencia a la erosión: Medida mediante la evaluación de la pérdida de masa o el desgaste superficial de los recubrimientos tras exposición a partículas erosivas, utilizando un sistema de medición que permita un monitoreo preciso antes y después de las pruebas.
2	Dureza y módulo elástico: Determinación de la dureza (en GPa) y del módulo elástico de los recubrimientos a través de pruebas como la indentación micro o nanoindentación, lo cual proporciona información fundamental sobre la capacidad de los recubrimientos para soportar impactos y estrés mecánico.
3	Integridad de la Adhesión del Recubrimiento: Evaluación mediante ensayos de rasgado o pruebas de adherencia, que midan la capacidad del recubrimiento para permanecer unido al sustrato bajo condiciones de erosión, utilizando sustratos como acero para herramientas M2 endurecido y acero inoxidable 316L, que se han demostrado efectivos en pruebas de desgaste.

Las tablas siguientes muestran los resultados del procesamiento de las respuestas en la consulta a los expertos sobre la evaluación de los recubrimientos DLC bajo condiciones de erosión seca.

Tabla 5: Resultados obtenidos de frecuencia absoluta.

Criterios	C1 Muy adecuado	C2 Bastante adecuado	C3 Adecuado	C4 Poco Adecuado	C5 No adecuado	Total
1	7	0	0	0	0	**7**
2	6	1	0	0	0	**7**
3	6	1	0	0	0	**7**

Tabla 6: Resultados obtenidos de frecuencia acumulada sumativa.

Criterios	C1 Muy adecuado	C2 Bastante adecuado	C3 Adecuado	C4 Poco adecuado
1	(1,0,0)	(0,1,1)	(0,1,1)	(0,1,1)
2	(0.85,0,15,0.20)	(0.25,0.85,0.80)	(0,1,1)	(0,1,1)
3	(0.85,0,15,0.20)	(0.25,0.85,0.80)	(0,1,1)	(0,1,1)

Tabla 7: Resultados obtenidos de determinación de las imágenes neutrosófica.

Criterios	C1	C2	C3	Suma	Promedio
1	(1,0,0)	(0,1,1)	(0,1,1)	(1,0,0)	(1,0,0)
2	(0.85,0,15,0.20)	(0.25,0.85,0.80)	(0,1,1)	(1,0,0)	(0.8,0,15,0.20)
3	(0.85,0,15,0.20)	(0.25,0.85,0.80)	(0,1,1)	(1,0,0)	(0.8,0,15,0.20)
Puntos de corte					

N= Suma de suma / Número de ítems x número de categorías
N= 38,45 / 14 x 5 = 38,45/70
N=0, 5593

La tabla 8 muestra la valoración de los criterios de los expertos por ítems sobre la evaluación de los recubrimientos DLC bajo condiciones de erosión seca.

Tabla 8: Resultados obtenidos de valoración de los criterios de los expertos por ítems.

Valor del paso N-P	Criterio
(1,0,0)	Criterio 1: Resistencia a la erosión
(0.8,0,15,0.20)	Criterio 2: Dureza y módulo elástico
(0.8,0,15,0.20)	Criterio 3: Integridad de la adhesión del recubrimiento
Índice	**(0.9,0,15,0.20)**

A partir del procesamiento de los instrumentos se pudo obtener un índice de evaluación de los recubrimientos DLC bajo condiciones de erosión seca Medio (M) lo que representa un alto índice, sin embargo, esto depende de la resistencia a la erosión entre los diversos tipos de recubrimientos DLC y la influencia crucial del material del sustrato en su rendimiento, tal como se muestra en el siguiente caso de aplicación práctica:

3.2 Descripción del caso práctico

Para evaluar el rendimiento de los recubrimientos DLC bajo condiciones de erosión seca, se diseñó y fabricó una plataforma de erosión específica. El aparato utiliza un principio de aceleración de gas, donde las partículas de arena de sílice se introducen en una corriente de aire confinada mediante la succión generada por un Venturi dentro de un tubo de aceleración de 5 mm de diámetro interior.

Se utilizaron dos tipos de sustratos: acero para herramientas M2 endurecido y acero inoxidable 316L. Sobre estos sustratos se depositaron tres tipos diferentes de recubrimientos DLC:

- Carbono amorfo hidrogenado (a-C:H)
- Carbono amorfo dopado con silicio (a-C:H:Si)
- Carbono amorfo dopado con tungsteno (a-C:H:W)

Las características de las muestras se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1 Muestras de prueba y recubrimientos [18].

Muestras				
Sustratos	**Revestimiento**	**Dureza**	**Módulos elásticos**	**Espesor**
Acero para herramientas endurecido	aC: H	~21 GPa	210 GPa	1 micrón
	aC: H: Si	~16GPa	150 GPa	1 micrón
	aC:H:W	~14GPa	220 GPa	1 micrón
Acero inoxidable	aC: H	~21 GPa	210 GPa	1 micrón
	aC: H: Si	~16GPa	150 GPa	1 micrón
	aC:H:W	~14GPa	220 GPa	1 micrón

Las pruebas de erosión se realizaron bajo las siguientes condiciones:

- Presión del aire: 2,2 bares
- Caudal de aire: 17,67 LPM
- Velocidad del aire portador: 14,9 m/s
- Velocidad de las partículas: 14,5 m/s
- Tasa de masa de partículas: 1,011 g/s
- Distancia de la boquilla a la muestra: 5 mm
- Ángulo de impacto: 90º
- Tipo de partículas erosivas: Arena de sílice con diámetro medio de 250 μm

Procedimiento de prueba

1. Se midió la masa inicial de las muestras con una balanza de precisión de 0,1 mg.
2. Las muestras se colocaron y alinearon en el portamuestras.
3. Se realizaron pruebas de erosión con intervalos de tiempo incrementales: 10 segundos hasta 30 segundos; cada 30 segundos hasta 3 minutos; después, mediciones cada minuto.
4. Después de cada intervalo, se retiraron las muestras para medir la pérdida de masa.
5. El área erosionada se analizó con un microscopio óptico Leica DM6B a 500 μm y 50 μm después de cada intervalo para identificar el momento exacto del fallo del recubrimiento.

Recubrimientos sobre sustrato de acero para herramientas

Los tres recubrimientos DLC sobre sustrato de acero para herramientas mostraron comportamientos distintivos bajo erosión:

- **a-C:H:** La falla del recubrimiento comenzó después de 30 segundos de prueba. La eliminación completa se produjo a los 210 segundos, dejando solo pequeños rastros de recubrimiento en el sustrato.
- **a-C:H:Si:** El proceso de degradación comenzó después de 10 segundos, con una falla total identificada a los 150 segundos. Este fue el recubrimiento con la eliminación completa más temprana, sin dejar rastro en el sustrato.
- **a-C:H:W:** El proceso de degradación comenzó a los 90 segundos y no se registró una falla completa incluso después de 420 segundos de prueba.

Recubrimientos sobre sustrato de acero inoxidable

En contraste marcado con los resultados sobre acero para herramientas, los tres recubrimientos DLC sobre

sustrato de acero inoxidable mostraron un comportamiento de falla rápida:

Todos los recubrimientos (a-C:H, a-C:H:Si, a-C:H:W) se eliminaron completamente del sustrato después de solo 10 segundos de exposición a la erosión. Incluso en pruebas adicionales de 5 segundos, los recubrimientos se eliminaron completamente, imposibilitando el rastreo del momento exacto de la falla.

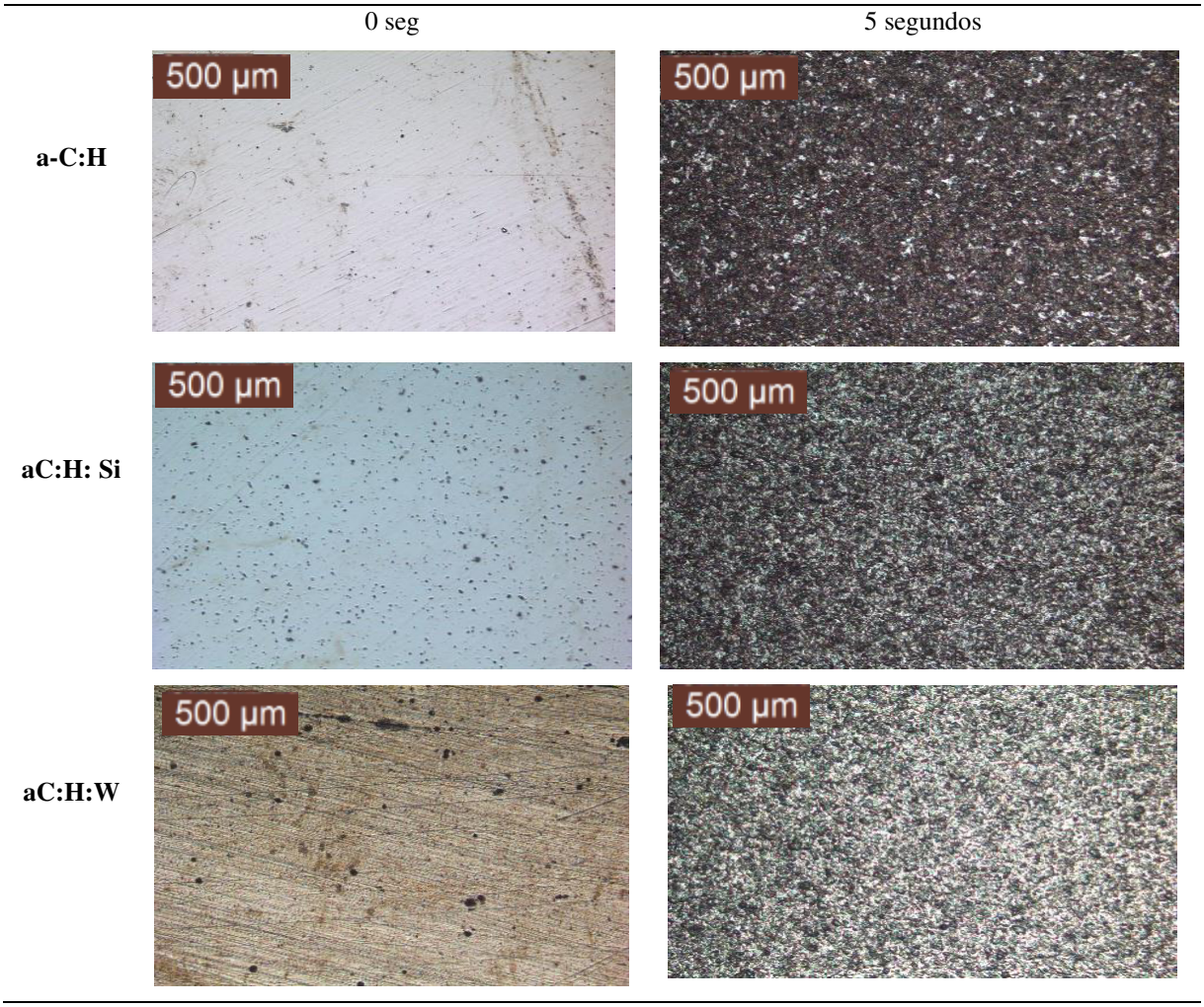


Figura 1 Resultados de la erosión de a-C:H, a-C:H:Si, a-C:H:W en sustrato de acero inoxidable.

4 Discusiones

Los resultados obtenidos revelan diferencias significativas en el comportamiento erosivo de los recubrimientos DLC, que pueden atribuirse tanto a las características intrínsecas de los recubrimientos como a la influencia del material del sustrato.

Influencia de la composición del recubrimiento: Entre los recubrimientos sobre sustrato de acero para herramientas, el a-C:H:W demostró la mayor resistencia a la erosión, seguido por el a-C:H, mientras que el a-C:H:Si mostró el peor rendimiento. Este comportamiento puede explicarse por las diferencias en las propiedades mecánicas de los recubrimientos:

- a-C:H:W: A pesar de tener la menor dureza (14 GPa), su alto módulo elástico (220 GPa) puede contribuir a una mejor absorción de energía durante el impacto de las partículas.
- a-C:H: Con una dureza intermedia (21 GPa) y un módulo elástico alto (210 GPa), muestra un rendimiento equilibrado.
- a-C:H:Si: Su menor módulo elástico (150 GPa) podría explicar su menor resistencia a la erosión, a pesar de tener una dureza intermedia (16 GPa).

Estos resultados sugieren que, en condiciones de erosión severa, la capacidad de absorción de energía del recubrimiento (relacionada con su módulo elástico) puede ser más crítica que su dureza para determinar la resistencia a la erosión. [23,24]

Influencia del material del sustrato: La diferencia dramática en el rendimiento de los recubrimientos entre los sustratos de acero para herramientas y acero inoxidable subraya la importancia crucial del material del sustrato en

la resistencia a la erosión de los sistemas recubrimiento-sustrato.

El acero para herramientas endurecido, con su mayor dureza y resistencia, proporciona un soporte más efectivo al recubrimiento DLC. Esto permite que el sistema recubrimiento-sustrato distribuya mejor la energía de impacto de las partículas erosivas, retrasando la falla del recubrimiento.

En contraste, el acero inoxidable, siendo más blando y dúctil, se deforma más fácilmente bajo el impacto de las partículas. Esta deformación del sustrato puede conducir a la flexión y fractura prematura del recubrimiento DLC, que es inherentemente frágil debido a su alta dureza. [25]

Implicaciones para el diseño de sistemas recubrimiento-sustrato

Estos hallazgos tienen importantes implicaciones para el diseño de sistemas recubrimiento-sustrato resistentes a la erosión: La selección del material del sustrato es tan crucial como la del recubrimiento. Un sustrato duro y resistente es esencial para proporcionar el soporte necesario al recubrimiento DLC en condiciones de erosión severa. En la selección de recubrimientos DLC, se debe considerar no solo la dureza, sino también el módulo elástico y la tenacidad. Un balance óptimo entre estas propiedades puede proporcionar la mejor resistencia a la erosión. Para aplicaciones en condiciones de erosión severa sobre sustratos relativamente blandos, podrían ser necesarias estrategias adicionales, como el uso de capas intermedias o recubrimientos multicapa, para mejorar la resistencia a la erosión del sistema.

5 Conclusión

Los resultados de esta investigación destacan el éxito en el desarrollo y validación de una plataforma de erosión seca, que ha demostrado ser eficaz para evaluar el rendimiento de recubrimientos de carbono tipo diamante (DLC) bajo condiciones controladas de erosión por partículas sólidas. Los resultados indican que los recubrimientos DLC presentan una resistencia a la erosión significativamente mejorada en comparación con los sustratos sin recubrir, especialmente cuando se aplican sobre sustratos duros como el acero para herramientas endurecido. Entre los diferentes recubrimientos evaluados, el carbono amorfo dopado con tungsteno (a-C:H:W) mostró la mayor resistencia a la erosión, seguido por el carbono amorfo hidrogenado (a-C:H) y el carbono amorfo dopado con silicio (a-C:H:Si). Este hallazgo sugiere que en condiciones de erosión severa, un alto módulo elástico puede ser más crítico que la dureza del recubrimiento.

Adicionalmente, se resaltó la importancia del material del sustrato, ya que los sustratos más duros y resistentes proporcionan un mejor soporte para los recubrimientos, optimizando así su rendimiento. Se recomienda adoptar un enfoque de diseño integral que considere tanto las propiedades del recubrimiento como las del sustrato para maximizar la resistencia a la erosión del sistema completo. La utilidad del Método Neutrosófico en este contexto es evidente, ya que permite una evaluación más precisa y completa del comportamiento de los recubrimientos DLC en entornos de erosión severa. Estos hallazgos son fundamentales para el diseño y selección de sistemas de recubrimiento, abriendo nuevas vías para futuras investigaciones y desarrollos en el ámbito de los recubrimientos DLC.

Referencias

[1] I. Finnie, “Some reflections on the past and future of erosion,” *Wear,* vol. 186, pp. 1-10, 1995.

[2] A. Algahtani, A. Neville, S. Shrestha, and T. Liskiewicz, “Erosion resistance of surface engineered 6000 series aluminium alloy,” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology,* vol. 227, no. 11, pp. 1204-1214, 2013.

[3] T. Su, X. Ma, J. Tong, H. Ji, Z. Qin, and Z. Wu, “Surface engineering of MXenes for energy and environmental applications,” *Journal of Materials Chemistry A,* vol. 10, no. 19, pp. 10265-10296, 2022.

[4] C. Donnet, and A. Erdemir, *Tribology of diamond-like carbon films: fundamentals and applications*: Springer Science & Business Media, 2007.

[5] J. Robertson, “Diamond-like amorphous carbon. Materials Science & Engineering R-Reports,” 2002.

[6] S. V. Hainsworth, and N. Uhure, “Diamond like carbon coatings for tribology: production techniques, characterisation methods and applications,” *International materials reviews,* vol. 52, no. 3, pp. 153-174, 2007.

[7] E. Dalibón, L. Escalada, S. Simison, C. Forsich, D. Heim, and S. Brühl, “Mechanical and corrosion behavior of thick and soft DLC coatings,” *Surface and Coatings Technology,* vol. 312, pp. 101-109, 2017.

[8] P. Shipway, and I. Hutchings, “Measurement of coating durability by solid particle erosion,” *Surface and Coatings Technology,* vol. 71, no. 1, pp. 1-8, 1995.

[9] F. Smarandache, “Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[10] F. Smarandache, “Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[11] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, “Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[12] O. Mar, R. C. Jiménez Hernández, and B. B. Fonseca, "Procedimiento para determinar el índice de control organizacional," *Revista Infociencia, abril-junio, Año 2014,* vol. 18, no. 2, 2014.

[13] N. B. Hernández, N. V. Izquierdo, M. Leyva-Vázquez, and F. Smarandache, *Validation of the pedagogical strategy for the formation of the competence entrepreneurship in high education through the use of neutrosophic logic and Iadov technique*: Infinite Study, 2018.

[14] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica,* vol. 13, no. 2, 2021.

[15] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and F. R. R. Marzo, "Tratamiento de la incertidumbre en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en conjuntos borrosos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 13, no. 6, pp. 84-93, 2020.

[16] M. Cornelio, "Estación de trabajo para la práctica de Microbiología y Parasitología Médica en la carrera de medicina integrado al sistema de laboratorios a distancia," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[17] N. Caedentey Moreno, and O. Mar-Cornelio, "Monitoreo energético en los laboratorios de la Universidad de las Ciencias Informáticas," *Ingeniería Industrial,* vol. 37, no. 2, pp. 190-199, 2016.

[18] S. J. McMaster, "Nanomechanical Characterisation of Diamond-like Carbon Coatings for Tribological Performance (In progress)," School of Mechanical Engineering University of Leeds, 2019.

[19] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[20] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[21] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[22] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[23] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[24] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[25] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 19, 2025. Aceptado: marzo 09, 2025

NCML
Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para el análisis del perfil de resistencia antibiótica de *Staphylococcus aureus* aislado de vacas con mastitis subclínica

Neutrosophic method for the analysis of the antibiotic resistance profile of Staphylococcus aureus isolated from cows with subclinical mastitis.

Andrea Carolina Vela Chiriboga[1], Kevin Marcelo Lozada Escobar[2], and Paúl Sebastián Bedoya Lozada[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. direccionveterinaria@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Ecuador. klozada0842@uta.edu.ec
[3] Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Ecuador. pbedoya1214@uta.edu.ec

Resumen. La mastitis subclínica es una enfermedad de gran impacto en la producción lechera, que requiere un abordaje integral para su control y prevención. Uno de los microorganismos responsables de esta patología en bovinos lecheros es *Staphylococcus aureus*, un patógeno que puede causar infecciones graves y de difícil manejo terapéutico debido a la creciente resistencia antimicrobiana. En este contexto, el objetivo de esta investigación es desarrollar un Método neutrosófico para el análisis del perfil de resistencia antibiótica de *Staphylococcus aureus* aislado de vacas con mastitis subclínica. Se determinó el perfil de resistencia antibiótica de cepas de *S. aureus* aisladas de muestras de leche de vacas con mastitis subclínica en la provincia de Tungurahua, Ecuador, con un énfasis en la resistencia a antibióticos β-lactámicos. Los resultados obtenidos demuestran que una proporción importante de los aislados presentaron resistencia a antibióticos comúnmente utilizados en el tratamiento de infecciones en el ganado bovino, como la oxacilina y la tetraciclina. Este análisis no solo permite entender la situación actual de la resistencia antimicrobiana en la región, sino que también proporciona una base sólida para el desarrollo de estrategias efectivas de manejo y tratamiento, contribuyendo así a la sostenibilidad de la producción lechera y mejorando la salud de los animales afectados.

Palabras Claves: método neutrosófico, SARM, mastitis subclínica, resistencia antibiótica.

Abstract. Subclinical mastitis is a disease with a major impact on dairy production, which requires a comprehensive approach for its control and prevention. One of the microorganisms responsible for this pathology in dairy cattle is Staphylococcus aureus, a pathogen that can cause serious infections and is difficult to treat therapeutically due to increasing antimicrobial resistance. In this context, the objective of this research is to develop a neutrosophic method for the analysis of the antibiotic resistance profile of Staphylococcus aureus isolated from cows with subclinical mastitis. The antibiotic resistance profile of S. aureus strains isolated from milk samples of cows with subclinical mastitis in the province of Tungurahua, Ecuador, was determined, with an emphasis on resistance to β-lactam antibiotics. The results obtained show that a significant proportion of the isolates were resistant to antibiotics commonly used in the treatment of infections in cattle, such as oxacillin and tetracycline. This analysis not only allows us to understand the current situation of antimicrobial resistance in the region, but also provides a solid basis for the development of effective management and treatment strategies, thus contributing to the sustainability of dairy production and improving the health of affected animals.

Keywords: neutrosophic method, MRSA, subclinical mastitis, antibiotic resistance

1 Introducción

La mastitis, definida como la inflamación de la glándula mamaria, es la enfermedad más prevalente en el ganado bovino lechero [1]. Es responsable de importantes pérdidas económicas en la industria láctea debido a que causa alteraciones en la composición y calidad de la leche [2]. La bacteria *Staphylococcus aureus* es uno de los principales patógenos asociados a la mastitis en bovinos y el uso indiscriminado de antibióticos para su tratamiento ha promovido la selección de cepas resistentes a antibióticos, sobre todo a aquellos pertenecientes al grupo de β-lactámicos, los más utilizados para esta enfermedad. Por este motivo, se ha denominado a estas cepas resistentes como *S. aureus* resistente a meticilina (SARM) [3].

De acuerdo con estudio publicado por Zaatout y Heizel en 2020, la prevalencia de SARM en muestras de leche de animales con mastitis clínica y subclínica ha ido en aumento en los últimos años a nivel mundial (1.78% en 2011 vs. 5.3% en 2020). Los autores reportan una prevalencia de 6.47% en Asia, de 3.94% en África, en América la prevalencia es de 2.39% y finalmente en Europa es de 1.18% [1].

Las cepas SARM contienen genes codificadores de toxinas (que mejoran el ambiente para la colonización) y adhesinas de membrana (necesarias para colonización de la célula huésped) que facilitan su diseminación [4]. Por lo tanto, es necesario mantener un monitoreo constante de la prevalencia y de los factores de riesgo de estas bacterias de importancia clínica [5].

Se han reportado casos en personas de infecciones SARM de origen animal en varios países europeos, con cuadros clínicos que varían desde simples dermatitis hasta infecciones sistémicas que constituyen una amenaza para la vida del individuo. De esta forma, se considera a las infecciones por SARM de origen animal como potenciales amenazas globales para la salud humana y animal [6,25].

En el Ecuador, el sector lechero genera aproximadamente 1,3 millones de empleos y el 65% de su producción deriva de pequeños y medianos productores. En 2022, la producción de leche alcanzó un total de 5,5 millones de litros, de los cuales más del 50% se comercializaron de forma informal, sin tomar medidas para asegurar su inocuidad y la de sus derivados. Por tanto, existe un riesgo latente de diseminación de SARM a la población general [7]. En este contexto, el objetivo de esta investigación es desarrollar un Método neutrosófico para el análisis del perfil de resistencia antibiótica de *Staphylococcus aureus* aislado de vacas con mastitis subclínica.

2 Materiales y métodos

El análisis del perfil de resistencia antibiótica de *Staphylococcus aureus* aislado de vacas con mastitis subclínica, puede ser modelado como un problema de toma de decisión multicriterio [8]. De modo que se tenga [9, 10,26]:

- Un conjunto de vacas con mastitis subclínica por *Staphylococcus aureus* $R = \{\mathrm{R}_1, \ldots \mathrm{R}_\mathrm{n}\}, \mathrm{n} \geq 2$;
- Que son expuestos al conjunto de alternativas que representan los tratamientos antibióticos, objetos de estudio $I = \{\mathrm{I}_1, \ldots \mathrm{I}_\mathrm{m}\}, \mathrm{m} \geq 2$;

El análisis está conformado por el grupo de criterios que determinan el perfil de resistencia antibiótica de *Staphylococcus aureus* aislado de vacas con mastitis subclínica, que pueden ser modelado mediante los números neutrosóficos propuestos por Smarandache [9, 11].

El nivel de impacto de un criterio se puede expresar mediante una relación directa de su influencia o la negación de este con un espectro de neutralidad representando un dominio numérico neutrosófico de Valor Único (SVN por sus siglas en inglés). El nivel de impacto es expresado mediante tres condiciones:

- Un criterio <A> pude implicar negativamente por un criterio <B> de modo que si <A> disminuye <B> disminuye según el nivel de implicación entre los conceptos con un grado de neutralidad <neutA>.
- Un criterio <A> puede implicar positivamente por un criterio <B> de modo que si <A> incrementa B incrementa según el nivel de implicación entre los conceptos con un grado de neutralidad <neutA>.
- Un criterio <A> no posee implicación por un criterio <B> de modo que las variaciones de <A> no poseen implicación en <B>.

La definición original de valor de verdad en la lógica neutrosófica es mostrado como [12-15]:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0,1]\}n$. Un valor neutrosófico es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , a partir de cada sentencia p se tiene:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{1}$$

El método neutrosófico para el análisis del perfil de resistencia antibiótica de *Staphylococcus aureus* aislado de vacas con mastitis subclínica, se diseñó mediante un flujo de trabajo compuesto por cuatro actividades que en su integración realizan el análisis mediante el comportamiento de los criterios específicos. A continuación se realiza una descripción de las actividades propuestas en la figura 1.

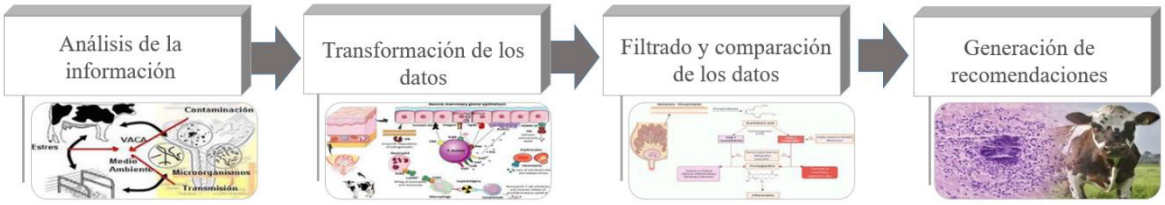


Figura 1. Flujo de trabajo compuesto por cuatro actividades.

Actividad 1 análisis de la información

Para nutrir el funcionamiento del método propuesto, se identifican las fuentes de información y luego se almacenan en bases de datos para su posterior transformación y análisis. Dicha actividad utiliza la base de conocimiento empírica organizacional. Consiste en la recolección de informaciones históricas almacenadas resistencia antibiótica de *Staphylococcus aureus* aislado de vacas con mastitis subclínica.

Apoyado en la neutrosofía se obtiene una mejor interpretabilidad de los datos, utilizan los conjuntos SVNS los cuales permiten el empleo de variable lingüísticas. Los criterios de evaluación son expresados mediante un universo de discurso se denota como (X). Donde el conjunto neutrosófico de valor único se define como *A* sobre *X,* el cual es un objeto de la forma, como se muestra en la ecuación 2.

$$A = \{\langle x, uA(x), rA(x), vA(x)\rangle : x \in X\}d \tag{2}$$

Donde: (x)X → [0,1], $rA(x)$ → [0,1], $vA(x)$ → [0,1]; con 0 ≤$uA(x)$+ $rA(x)$+ $vA(x)$: ≤ 3 para todo $x \in X$. El intervalo (x), $rA(x)$ y $vA(x)$ denotan las membrecías a verdadero, indeterminado y falso de x en A, sucesivamente. El valor del conjunto neutrosófico de se expresa tal como muestra la ecuación 3.

$$A = (a, b, c) \tag{3}$$

Donde: a, b, c ∈ [0,1], a+b+c ≤ 3

Actividad 2 transformación de los datos

Cada dato describe las características asociadas a los criterios, a partir de números neutrosóficos.

Definición 1: Sea $A^* = (A_1^*, A_2^*, .., A_n^*)$ sea un vector de números SVN, tal que: $A_j{}^* = (a_j^*, b_j^*, c_j^*)$, j=(1,2, … , n), $B_i = (B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im})$ (i = 1,2, … , m), sean m vectores de n SVN números.

Tal que $B_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$($i$ = 1,2, … , m), (j = 1,2, … , n), Las B_i y A^* obtenido mediante la ecuación 4:

$$d_i=\left(\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}\left\{\left(\left|a_{ij}-a_j^*\right|\right)^2+\left(\left|b_{ij}-b_j^*\right|\right)^2+\left(\left|c_{ij}-c_j^*\right|\right)^2\right\}\right)^{\frac{1}{2}} \tag{4}$$

(i = 1,2,3… , m)

Se emplea la media de similaridad a partir de la obtención de la distancia euclidiana tal como expresa la ecuación 5.

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \tag{5}$$

El cálculo permite la obtención de la medida de la alternativa A_i , a partir de la similitud el método, se debe buscar cuál de los datos tienen mayor cercanía al conjunto solución S_i , mediante la vecindad se obtiene un orden de las alternativas. Mientras más pequeña sea la vecindad mayor será la similitud [16].

Actividad 3 Filtrado y comparación de los datos

La actividad consiste en evaluar el comportamiento de los indicadores de análisis para un determinado caso de resistencia antibiótica de *Staphylococcus aureus* aislado de vaca con mastitis subclínica. Para ello se utiliza la escala lingüística S, $V_k^j \in S$.

Donde: $S = \{S_1, \dots, S_g\}$ representan el conjunto de etiquetas lingüísticas para evaluar las características del caso de resistencia antibiótica C_k.

La evaluación realizada es considerada la preferencia del proceso a partir de la cual se obtienen:

$$P = \{P_1, \dots P_e\},$$

Los valores obtenidos son comparados con los datos almacenados previamente, se realiza un proceso de comparación mediante la distancia euclidiana tal como expresa la ecuación (6).

$$S=1-\left(\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}\left\{\left(\left|a_{ij}-a_j^*\right|\right)^2+\left(\left|b_{ij}-b_j^*\right|\right)^2+\left(\left|c_{ij}-c_j^*\right|\right)^2\right\}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

La función S determina la similitud entre los valores de los datos almacenados y las preferencias obtenidas realizando la comparación con toda la vecindad existente.

Actividad 4 Generación de recomendaciones

A partir de la obtención de la similitud, se realiza el proceso de recomendaciones. Las recomendaciones se realizan a partir de los datos almacenados. Consiste en generar un ordenamiento sobre la vecindad de similitud. El mejor resultado será aquel que satisfaga las necesidades que caracterizan el caso. En términos matemáticos, los que obtengan mayor similitud.

3 Resultado y discusión

El método neutrosófico para el análisis del perfil de resistencia antibiótica de *Staphylococcus aureus* aislado de vacas con mastitis subclínica, fue implementado en 2 hatos lecheros de la Parroquia Cunchibamba, cantón Ambato y 3 hatos lecheros de Parroquia Yanayacu, cantón Quero de la provincia de Tungurahua, Ecuador. La investigación para nutrir la base de casos, y evitar el típico *cold start* de los sistemas de recomendación, se llevó a cabo en 3 fases, las mismas que se describen a continuación:

Fase 1_Identificación de las vacas con mastitis subclínica por medio de la prueba Californian Mastitis Test (CMT): Se realizaron pruebas de CMT a todos los animales adultos que se encontraban en ordeño, sin tomar en cuenta edad, raza, o número de lactancia. Las muestras de leche para aislamiento e identificación de SARM se tomaron de todos los animales positivos a mastitis subclínica mediante la prueba de CMT. El protocolo para la prueba de CMT se describe a continuación: después de la limpieza y secado de los pezones se desechó la leche del preordeño (despunte). Enseguida se tomaron 2 ml de leche de cada cuarto mamario en los pocillos paleta de fondo oscuro y se procedió a añadir 2ml del reactivo en cada pocillo. Se mezcló usando movimientos circulares suaves y se identificaron aquellas muestras que presentaban reacciones de gelificación de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 1. Clasificación de las muestras de acuerdo a las reacciones observadas en la prueba de CMT (9).

Categoría	Puntuación	Descripción de la reacción
Negativo	0	La mezcla de leche y el líquido de prueba permanece sin cambios y se puede agitar fácilmente
Débilmente positivo	1	La mezcla es ligeramente mucosa pero aún se puede agitar
Positivo	2	Con el movimiento de la mezcla se puede observar una formación mucosa inconfundible. Todavía es posible verter una pequeña porción de la mezcla.
Fuertemente positivo	3	Se forma una consistencia gelatinosa y mucosa y es difícil agitar la mezcla. Ya no es posible verter el exceso de líquido.

Fase 2_Identificación fenotípica de *S. aureus* a través de cultivo microbiológico a partir de las muestras de leche seleccionadas: Las muestras de leche se transportaron al laboratorio dentro de las 4 horas posteriores a la toma de muestra, conservadas a 4°C. Una vez en el laboratorio se homogenizaron y se sembraron 500 µl de cada una en agar base sangre de ovino como pre-enriquecimiento y para la identificación de microorganismos β-hemolíticos, que se observaron cómo colonias con un halo trasparente a su alrededor, resultado de la destrucción de glóbulos rojos. De aquellos microorganismos β-hemolíticos se seleccionaron, mediante inspección visual, colonias compatibles con *S. aureus*, es decir colonias de una coloración amarilla o blanca, de gran tamaño, cremosas, opacas y con borde circular. Una vez identificadas las colonias se realizaron las siguientes pruebas bioquímicas para corroborar que los microorganismos aislados corresponden a *S. aureus*, según los protocolos recomendados por Moraes, et al. (10) y Smith, et al.(11):

Tabla 2. Pruebas bioquímicas para la identificación de S.aureus (10,11).

Pruebas bioquímicas		
Tinción Gram	Cocos Gram positivos	Cocos Gram negativos
	Los *Staphylococcus* se observan en forma de racimos de uvas, color azul o violeta.	Los *Staphylococcus* se los observa en cadenas y de color rosado.
Sal manitol	Color amarillo	Color rojo
	S. aureus: fermentan el manitol, cambia el pH del medio y el indicador (rojo fenol) cambia a amarillo**.**	Otros *Staphylococcus:* los microorganismos no tienen la capacidad de fermentar el manitol.
Catalasa	Positivo	Negativo
	S. aureus: produce la enzima catalasa. Se observa la presencia de burbujas al contacto con peróxido de hidrógeno.	Otros *Staphylococcus:* No producen la enzima catalasa. No hay la presencia de burbujas al contacto con peróxido de hidrógeno.
Coagulasa	Positiva	Negativa
	S. aureus: tiene la capacidad de producir la enzima coagulasa. Se observa la formación de coágulos en suero fresco de bovino.	Otros *Staphylococcus:* No tienen la capacidad de producir el enzima coagulasa. No se observa formación de coágulos en suero fresco de bovino.

Fase 3_Identificación de cepas *S aureus* resistentes a los antibióticos expuestos por medio del método de difusión en disco Kirby Bauer: Este método de difusión en disco es el recomendado por el Subcomité de Ensayos de Susceptibilidad de NCCLS, de Estados Unidos cuyo objetivo es establecer en forma cuantitativa el efecto de varias sustancias sobre las cepas bacterianas aisladas. Esta fase se realizó de siguiendo el protocolo descrito por Hudzicki (12) utilizando los siguientes antibióticos: penicilina G, oxacilina, ciprofloxacina, azitromicina, trimetroprim-sulfametoxazol, tetraciclina, gentamicina, cloranfenicol, rifampicina, clindamicina, novobiocina y linezolid. Se interpretó la sensibilidad a los antibióticos de acuerdo con el manual publicado por *Clinical Laboraotroy Standards Institute* (CLSI), 2023 (13). Todos los ensayos se realizaron en triplicado.

Todos los resultados fueron almacenados en una base de casos para nutrir el método neutrosófico. Para ejemplificar la implementación del mismo, los resultados son representados mediante las alternativas I, de modo que:

$$I = \{i_1, i_2, i_3\},$$

Valorado a partir del conjunto de características C que describen los perfiles de resistencia antibiótica de *S aureus* aislado de vacas con mastitis subclínica, tal que:

$$C = \{c_1, c_2, c_3, c_{4,} c_{5,} c_6\},$$

Donde:

c_1: Sensibilidad a antibióticos específicos: Evaluar la sensibilidad de los aislados de *Staphylococcus aureus* a diferentes grupos de antibióticos (como betalactámicos, macrólidos, tetraciclinas y sulfonamidas) utilizando métodos de difusión en disco o microdilución. Identificar qué antibióticos son eficaces y cuáles muestran resistencia.

c_2: Mecanismos de Resistencia: Identificar los mecanismos moleculares de resistencia presentes en los aislados, como la producción de enzimas β-lactamasas, alteraciones en la permeabilidad de la membrana o bombas de eflujo. Esto se puede lograr mediante técnicas genéticas o bioquímicas.

c_3: Patrones de multiresistencia: Evaluar si los aislamientos presentan patrones de resistencia a múltiples antibióticos (multiresistencia), lo que podría indicar la presencia de plásmidos o genes de resistencia. Esto es crucial para comprender la gravedad de la resistencia y las opciones de tratamiento.

c_4: Epidemiología local y temporal: Analizar la prevalencia de diferentes perfiles de resistencia en una población de vacas a lo largo del tiempo y en diferentes explotaciones. Esto incluye la recopilación de datos sobre el uso de antibióticos en la ganadería y su relación con la resistencia observada.

c_5: Evaluación de la virulencia: Considerar la capacidad del aislado para producir factores de virulencia que faciliten su capacidad para causar enfermedad. Esto puede incluir la producción de toxinas o adhesinas, lo que puede influir en la gravedad de la mastitis y en la respuesta a los tratamientos antibióticos.

c_6: Interacción con el microbioma: Evaluar cómo los aislados de *Staphylococcus aureus* interactúan con otras bacterias presentes en el microbioma de la ubre y en la leche. Esto puede implicar estudios sobre la competencia entre diferentes especies bacterianas y cómo estas interacciones pueden afectar la resistencia a antibióticos. Un microbioma saludable puede ayudar a prevenir infecciones, mientras que una alteración en su equilibrio podría favorecer la proliferación de patógenos resistentes.

A partir del conjunto de etiquetas lingüísticas que se presenta en la tabla 3 [17,27]:

Tabla 3: Términos lingüísticos empleados.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

A partir de la aplicación del método se obtienen como resultado la expresión de comparación que se muestra en la expresión 5, estos datos son almacenados en la base de caso para nuevos análisis.

$$P_e = \{\mathrm{B}, \mathrm{MB}, \mathrm{B}, \mathrm{M}, \mathrm{MMB}, \mathrm{B}\} \tag{7}$$

A partir de la corrida de los datos, se obtiene su filtrado que proporciona un mapa para cada vaca con mastitis subclínica (alternativa) que presenta un perfil de resistencia antibiótica de *Staphylococcus aureus* aislado, objeto de análisis. Las Figuras 2 a 8 presentan el mapa de datos obtenido para 7 ejemplares en estudio.

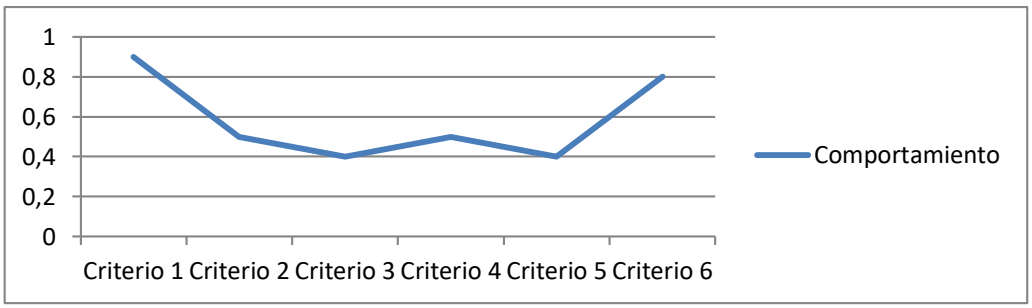


Figura 2: Mapa de datos del comportamiento de la alternativa 1.

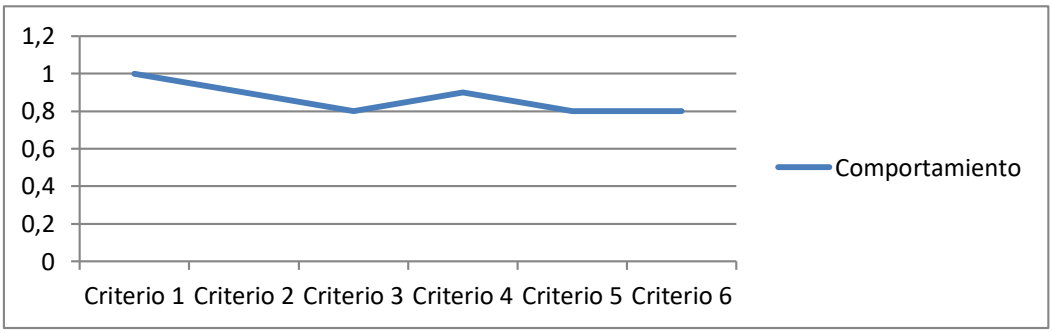


Figura 3: Mapa de datos del comportamiento de la alternativa 2.

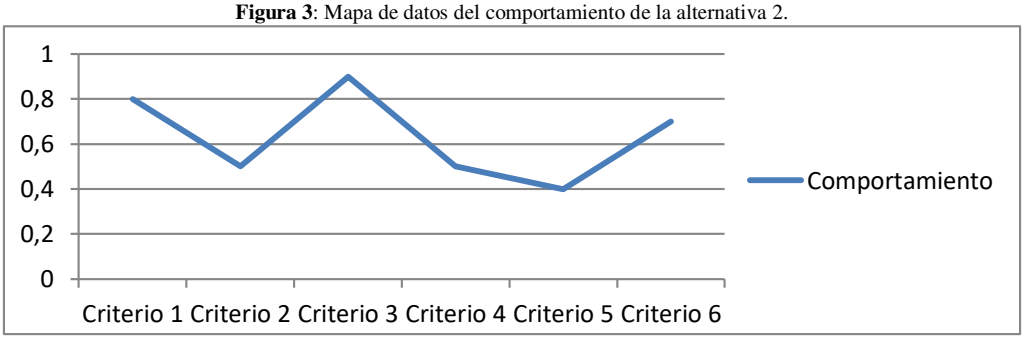


Figura 4: Mapa de datos del comportamiento de la alternativa 3.

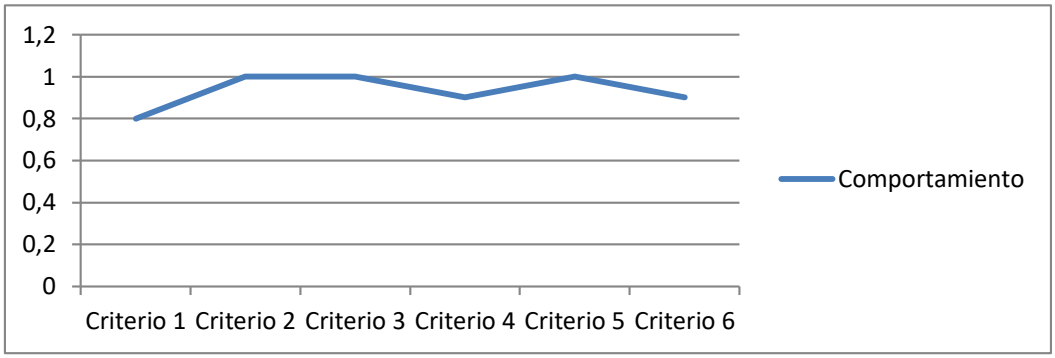


Figura 5: Mapa de datos del comportamiento de la alternativa 4.

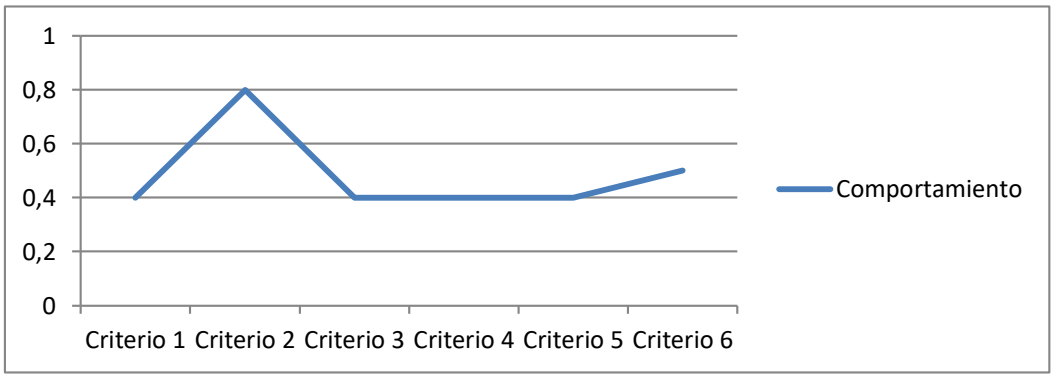


Figura 6: Mapa de datos del comportamiento de la alternativa 5.

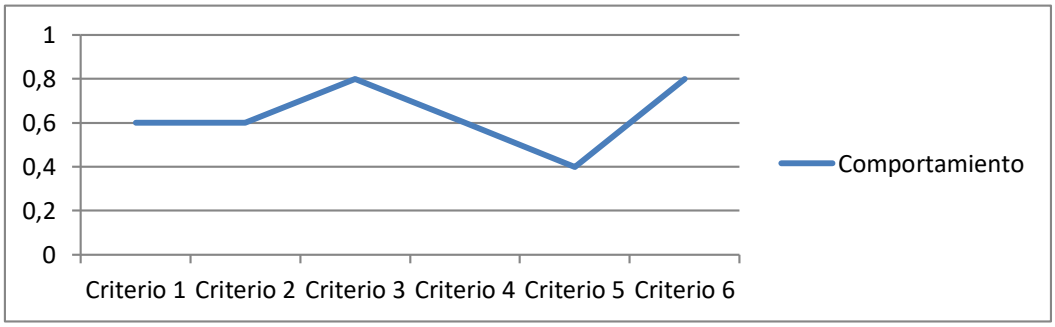


Figura 7: Mapa de datos del comportamiento de la alternativa 6.

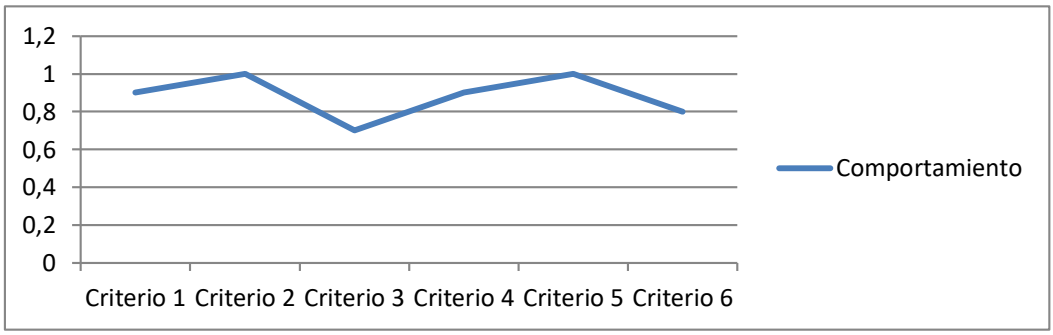


Figura 8: Mapa de datos del comportamiento de la alternativa 7.

Una vez obtenido el mapa de las alternativas se obtuvo el cálculo de la similitud que se muestra mediante la tabla 4.

Tabla 4: Similitud entre los casos y el perfil de análisis.

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
0.25	0.95	0.45	0.80	0.15	0.75	0.80

A partir del análisis de los resultados se realiza el proceso de ordenamiento de alternativas. En la simulación se visualizan las alternativas objeto de atención. La expresión 8 muestra el resultado del ordenamiento realizado.

$$\{a_2, a_4, a_7\} \quad (8)$$

A partir del ordenamiento, el método realiza como recomendación la (a_4) que se corresponde con el perfil más preciso de resistencia antibiótica de *Staphylococcus aureus* aislado, el cual deberá ser tomado como referencia en primera instancia, y posteriormente (a_5) como segundo caso de referencia.

Las muestras compatibles con las características metabólicas de *S.aureus* fueron seleccionadas para construir el perfil de resistencia antibiótica mediante la técnica de difusión en disco Kirby Bauer. Se utilizaron los siguientes antibióticos: penicilina G, oxacilina, ciprofloxacina, azitromicina, trimetroprim-sulfametoxazol, tetraciclina, gentamicina, cloranfenicol, rifampicina, clindamicina, novobiocina y linezolid. El perfil de resistencia obtenido fue el siguiente: la mayor parte de los aislados, 91.67% (n=11/12), fueron resistentes a penicilina G y a tetraciclina, seguido por un 75% (n=9/12) muestras que presentaron resistencia a oxacilina, en tercer lugar, el 25% (n=4/12) de aislados fueron resistentes a clindamicina y noboviocina y, por último, el 16.6% (n=2/12) mostraron resistencia a linezolid y ciprofloxacina. Por otro lado, el 100% (n=12/12) de los microorganismos resultaron ser sensibles a trimetroprim-sulfametoxazol, azitromicina, cloranfenicol, y rifampicina. En la figura 9 se resumen los resultados obtenidos.

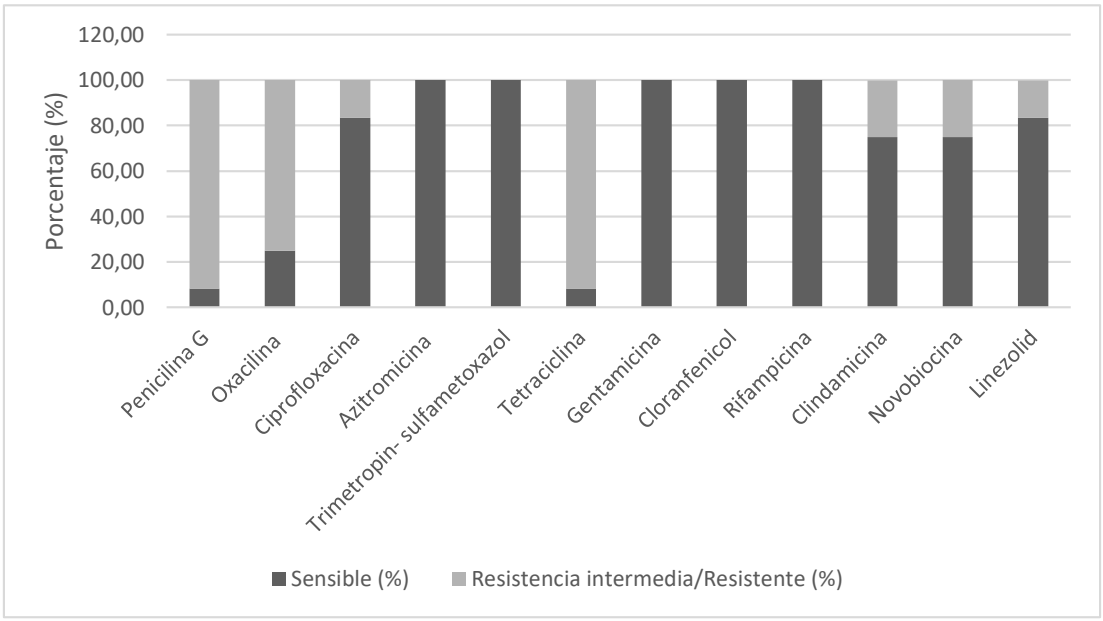


Figura 9. Perfil de resistencia antibiótica de *S. aureus* aislado de muestras de leche de vacas positivas a mastitis subclínica.

4 Discusión

La mastitis subclínica es una preocupación significativa en la producción lechera, ya que puede llevar a una reducción en la producción y calidad de la leche, así como a una mayor susceptibilidad a la mastitis clínica. Uno de los principales agentes etiológicos de la mastitis subclínica es *S. aureus.* Comprender el perfil de resistencia a los antibióticos de las bacterias aisladas de casos de mastitis subclínica es crucial para implementar estrategias efectivas de tratamiento y prevención [18].

La prevalencia de mastitis subclínica encontrada en este estudio, del 35%, es consistente con otros informes de Ecuador. Por ejemplo, un estudio realizado en la provincia de Chimborazo en Ecuador reportó una prevalencia de mastitis subclínica del 40% en hatos lecheros [19,28]. Otro estudio en la provincia de Manabí encontró una prevalencia del 38% [20]. Estos hallazgos sugieren que la mastitis subclínica es un problema generalizado que afecta a una proporción significativa de animales lecheros en varias regiones de Ecuador.

Tras realizar las pruebas de microbiológicas y bioquímicas previamente descritas se logró aislar *S. aureus* en un 46% (n=12/26) de las muestras de leche tomadas de animales positivos a mastitis subclínica. Este resultado es consistente con estudios previos realizados en la región, que han reportado tasas de aislamiento de esta bacteria en

casos de mastitis subclínica entre 40-60% [21]. La alta prevalencia de este patógeno sugiere que las medidas de control y prevención implementadas hasta el momento han sido insuficientes para reducir efectivamente su incidencia en los hatos lecheros. Factores como la falta de higiene durante el ordeño, el uso inapropiado de antibióticos y la ausencia de programas de vigilancia epidemiológica han contribuido a la persistencia de *S. aureus* como uno de los principales agentes causales de mastitis subclínica en la región [21]. Estos hallazgos subrayan la necesidad urgente de fortalecer las estrategias de manejo y bioseguridad en las explotaciones lecheras para mitigar el impacto de esta problemática. [29,30]

En cuanto al perfil de resistencia antibiótica, en nuestra investigación más de la mitad de las cepas de *S. aureus* aisladas de casos de mastitis subclínica son resistentes a oxacilina, lo que significa que son cepas SARM. La presencia de estos microorganismos representa un serio riesgo para la salud pública, ya que su tratamiento se vuelve mucho más complicado y se asocia con mayores tasas de morbilidad y mortalidad. Además, el uso incontrolado y empírico de antibióticos en la producción animal ha contribuido a la selección y diseminación de estos patógenos resistentes al resto del hato y a la población humana [22]. Dada la alta prevalencia de SARM obtenida en este estudio, se hace imperativo que las autoridades sanitarias y agropecuarias competentes implementen urgentemente medidas de vigilancia, prevención y control que permitan reducir la incidencia de estas infecciones, tanto en el sector pecuario como en la población humana. Las estrategias a desarrollar deben incluir el fortalecimiento de los programas de monitoreo de resistencia antimicrobiana, la optimización del uso de antibióticos en animales, el mejoramiento de las prácticas de bioseguridad en los hatos y la capacitación de los productores en el manejo adecuado de la mastitis.

Además de la resistencia a oxacilina, un porcentaje significativo de aislados mostraron resistencia a otros antibióticos, como tetraciclina, clindamicina y novobiocina. Este resultado es consistente con la tendencia de las cepas de *S. aureus* a desarrollar resistencia a múltiples fármacos [23], lo que representa un desafío importante para el tratamiento de las infecciones estafilocócicas y una amenaza significativa para la salud pública. Estudios recientes han informado de altos niveles de resistencia a diferentes clases de antibióticos, tales como macrólidos, lincosamidas y tetraciclinas.

En nuestro caso la resistencia a tetraciclina fue reportada en el 91.67% de las muestras. Esta situación refleja el uso excesivo e inapropiado de tetraciclinas en el tratamiento y prevención de infecciones en el ganado lechero. Por otra parte, el 25% de los aislamientos mostraron resistencia a clindamicina y novobiocina. Esta elevada resistencia compromete aún más las opciones terapéuticas disponibles para controlar las infecciones causadas por *S. aureus*. El hallazgo de que el 16.6% de los aislados de S. aureus exhibieron resistencia a ciprofloxacina y linezolid, este último considerado antibiótico de última línea para tratar infecciones estafilocócicas resistentes, es particularmente preocupante. La capacidad de estas bacterias para evadir los efectos terapéuticos de linezolid y ciprofloxacina, dos de las pocas opciones efectivas que quedan para manejar infecciones graves por *S. aureus*, complica en gran medida el tratamiento tanto en medicina veterinaria como humana. Esta situación es especialmente alarmante, ya que las infecciones causadas por cepas de *S. aureus* multirresistentes se asocian con tasas más altas de morbilidad y mortalidad, así como con mayores costos de atención médica y estancias hospitalarias prolongadas [24]. La amplia difusión de estos patógenos resistentes desde el sector ganadero a las poblaciones humanas es un problema crítico que requiere estrategias de intervención inmediatas y exhaustivas para mitigar el impacto en la salud pública. [31]

Afortunadamente, los hallazgos del estudio también revelaron que todos los aislados de *S. aureus* permanecieron susceptibles a trimetoprima-sulfametoxazol, azitromicina, cloranfenicol y rifampicina. Estos antibióticos pueden resultar ser valiosas alternativas para el manejo de casos de mastitis causados por *S. aureus* multirresistente, ya que parecen mantener actividad contra las cepas circulantes en el sector.

5 Conclusión

Los resultados de esta investigación han evidenciado la creciente preocupación por la resistencia antibiótica en Staphylococcus aureus aislado de vacas con mastitis subclínica. La identificación y análisis de los perfiles de resistencia a través del Método Neutrosófico no solo permite una caracterización más precisa de las cepas bacterianas, sino que también resalta la complejidad de la resistencia en contextos ganaderos. Este método se presenta como una herramienta valiosa para comprender las dinámicas de la resistencia y facilitar el desarrollo de estrategias más efectivas de manejo y tratamiento.

La implementación de un plan integral de vigilancia, prevención y control de la resistencia antimicrobiana en el sector ganadero es urgente. Las medidas recomendadas, que incluyen el fortalecimiento de programas de monitoreo, la optimización del uso de antibióticos, la mejora de las prácticas de bioseguridad y la capacitación de los productores, son cruciales para contener esta amenaza.

Además, destacar la importancia de una colaboración más estrecha entre la medicina humana y veterinaria es fundamental. Esta sinergia permitirá abordar de manera más holística los problemas relacionados con la resistencia antimicrobiana y sus repercusiones en la salud pública.

El Método Neutrosófico representa un avance significativo en el análisis del perfil de resistencia antibiótica,

proporcionando datos cruciales para tomar decisiones informadas y promover prácticas que protejan tanto la salud animal como la pública. La investigación subraya que solo a través de un enfoque coordinado y multifacético se podrá enfrentar de manera efectiva el desafío de la resistencia antimicrobiana en el ámbito ganadero.

Referencias

[1] N. Zaatout, and D. Hezil, ″A meta- analysis of the global prevalence of methicillin- resistant Staphylococcus aureus (MRSA) isolated from clinical and subclinical bovine mastitis,″ *Journal of applied microbiology,* vol. 132, no. 1, pp. 140-154, 2022.

[2] K. Thompson-Crispi, H. Atalla, F. Miglior, and B. A. Mallard, "Bovine mastitis: frontiers in immunogenetics," *Frontiers in Immunology,* vol. 5, pp. 493, 2014.

[3] W. Vanderhaeghen, T. Cerpentier, C. Adriaensen, J. Vicca, K. Hermans, and P. Butaye, "Methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA) ST398 associated with clinical and subclinical mastitis in Belgian cows," *Veterinary microbiology,* vol. 144, no. 1-2, pp. 166-171, 2010.

[4] F. Yang, S. Zhang, X. Shang, H. Li, H. Zhang, D. Cui, X. Wang, L. Wang, Z. Yan, and Y. Sun, "Detection and molecular characterization of methicillin-resistant Staphylococcus aureus isolated from subclinical bovine mastitis cases in China," *Journal of Dairy Science,* vol. 103, no. 1, pp. 840-845, 2020.

[5] A. Schnitt, and B.-A. Tenhagen, "Risk factors for the occurrence of methicillin-resistant Staphylococcus aureus in dairy herds: An update," *Foodborne pathogens and disease,* vol. 17, no. 10, pp. 585-596, 2020.

[6] A. R. Khairullah, S. C. Ramandinianto, and M. H. Effendi, "A review of livestock-associated methicillin-resistant Staphylococcus aureus (LA-MRSA) on bovine mastitis," *Syst Rev Pharm,* vol. 11, no. 7, pp. 172-183, 2020.

[7] B. Puga-Torres, E. Aragón, A. Contreras, D. Escobar, K. Guevara, L. Herrera, N. López, D. Luje, M. Martínez, and L. Sánchez, "Analysis of quality and antibiotic residues in raw milk marketed informally in the Province of Pichincha–Ecuador," *Food and Agricultural Immunology,* vol. 35, no. 1, pp. 2291321, 2024.

[8] A. Grajales Quintero, E. Serrano Moya, and C. Hahan Von, "Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación," *Luna Azul,* vol. 36, no. 1, pp. 285-306, 2013.

[9] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[10] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[11] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[12] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.

[13] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[14] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.

[15] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.

[16] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[17] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[18] K. Sharun, K. Dhama, R. Tiwari, M. B. Gugjoo, M. Iqbal Yatoo, S. K. Patel, M. Pathak, K. Karthik, S. K. Khurana, and R. Singh, "Advances in therapeutic and managemental approaches of bovine mastitis: a comprehensive review," *Veterinary Quarterly,* vol. 41, no. 1, pp. 107-136, 2021.

[19] E. P. Guzñay Apugllon, "Diagnóstico microbiológico de la mastitis bovina y evaluación de tres alternativas de tratamiento en el criadero jersey "El Puente" de Chimborazo," 2021.

[20] R. A. Moreira Mendoza, and Á. D. Solórzano Guerrero, "Agentes causales de mastitis en bovinos positivos de ganaderías adscritas a centro de acopio de lácteos y antibiorresistencia," Calceta: ESPAM MFL, 2023.

[21] G. Rodríguez Martínez, "Comportamiento de la mastitis bovina y su impacto económico en algunos hatos de la Sabana de Bogotá, Colombia," *Revista de Medicina Veterinaria,* vol. 1, no. 12, pp. 35-55, 2006.

[22] M. Cuenca-Condoy, D. García-Bracho, L. Reinoso-García, J. González-Rojas, and J. Torracchi-Carrasco, "Detection of subclinic bovine mastitis and associated factors, in dairy farms of the province of Cañar-Biblián, Ecuador," 2021.

[23] M. Hoque, Z. Das, A. Rahman, M. Haider, and M. Islam, "Molecular characterization of Staphylococcus aureus strains in bovine mastitis milk in Bangladesh," *International journal of veterinary science and medicine,* vol. 6, no. 1, pp. 53-60, 2018.

[24] A. L. Morales-Ubaldo, N. Rivero-Perez, B. Valladares-Carranza, V. Velázquez-Ordoñez, L. Delgadillo-Ruiz, and A. Zaragoza-Bastida, "Bovine mastitis, a worldwide impact disease: prevalence, antimicrobial resistance, and viable alternative approaches," *Veterinary and animal science*, pp. 100306, 2023.

[25] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[26] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[27] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[28] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[29] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[30] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[31] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 20, 2025. Aceptado: marzo 10, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para la evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina

Neutrosophic method for the evaluation of the impact of bovine brucellosis

Ángel Raúl Zabala Yubaille[1], Jhael Mikaela Gómez Ashqui[2], Hipatia Carolina Valencia Villalba[3], and Álvaro Francisco Sánchez Cedeño[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. angelzy14@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ambato, Ecuador. jhaelga79@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. hipatiavv77@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.alvarosc29@uniandes.edu.ec

Resumen. La brucelosis bovina es una enfermedad zoonótica provocada por la bacteria Brucella abortus. En vacas que se encuentran en el último tercio de la gestación, puede causar abortos o el nacimiento de terneros débiles. En los machos, esta bacteria puede generar infertilidad y orquitis. En los seres humanos, la enfermedad se manifiesta a través de fiebre, malestar y dolores de cabeza, principalmente al consumir leche cruda y productos lácteos no pasteurizados de animales infectados. La transmisión en los animales ocurre por contacto con secreciones, fluidos, tejidos y fetos abortados. El objetivo de esta investigación fue desarrollar un método neutrosófico para evaluar el impacto de la brucelosis bovina. La prevención se centra principalmente en la vacunación de terneras de entre 2 y 6 meses utilizando cepas RB51 o S19. El diagnóstico se confirma mediante pruebas serológicas como Rosa de Bengala y ELISA. Además, se recomienda mejorar el manejo sanitario mediante el registro de la producción, el control del ingreso de animales no vacunados y el mantenimiento adecuado de las instalaciones.

Palabras Claves: Método neutrosófico, evaluación, impacto, Brucelosis Bovina.

Abstract. Bovine brucellosis is a zoonotic disease caused by the bacterium Brucella abortus. In cows in the last third of gestation, it can cause abortions or the birth of weak calves. In males, this bacterium can cause infertility and orchitis. In humans, the disease manifests itself through fever, malaise and headaches, mainly when consuming raw milk and unpasteurized dairy products from infected animals. Transmission in animals occurs through contact with secretions, fluids, tissues and aborted fetuses. The objective of this research was to develop a neutrosophic method to assess the impact of bovine brucellosis. Prevention is mainly focused on the vaccination of calves between 2 and 6 months old using RB51 or S19 strains. Diagnosis is confirmed by serological tests such as Rose Bengal and ELISA. In addition, it is recommended to improve sanitary management by recording production, controlling the entry of unvaccinated animals and proper maintenance of facilities.

Keywords: Neutrosophic method, evaluation, impact, Bovine Brucellosis.

1 Introducción

La brucelosis bovina es una enfermedad zoonótica significativa causada por bacterias del género Brucella spp., identificada por primera vez en 1887 por el Dr. David Bruce durante la guerra de Crimea. Esta patología provoca principalmente lesiones en el tracto reproductivo de las hembras bovinas y se transmite en los animales a través del semen, embriones abortados, secreciones y, en ocasiones, por inhalación o ingestión [1]. En los seres humanos, la infección ocurre por contacto estrecho con animales infectados, consumo de productos lácteos no pasteurizados, como leche y queso fresco, así como a través de la inhalación o contacto con secreciones [2].

La brucelosis bovina provoca en los humanos síntomas similares a los de la gripe, incluidos fiebre, debilidad, malestar general y sudoración, y puede resultar en incapacidad física. Es particularmente preocupante para aquellos que trabajan con ganado, como agricultores, veterinarios y personal de laboratorios, debido a su constante exposición a animales infectados.

La prevención de la brucelosis es crucial para proteger la salud del ganado y limitar su transmisión a los humanos. Una de las principales estrategias es la vacunación temprana de terneras contra Brucella abortus, que ayuda a reducir la incidencia de la enfermedad en el ganado y, por ende, a disminuir la carga bacteriana en las explotaciones. Además, se deben implementar medidas de manejo adecuadas de las instalaciones y vigilancia continua para mitigar el impacto económico y de salud pública asociado con esta enfermedad [3].

En Ecuador, la brucelosis representa una preocupación constante, especialmente en las zonas rurales, donde afecta tanto la salud pública como la economía agrícola. A pesar de los programas de vacunación y control implementados por las autoridades, se enfrentan a desafíos significativos, como la falta de recursos y la resistencia a las medidas de eliminación de animales infectados [4].

A nivel global, la brucelosis es una de las zoonosis más extendidas, presente en muchos países, y su persistencia se agrava por la expansión de la industria animal y la urbanización sin prácticas higiénicas adecuadas. Investigaciones previas han evidenciado la complejidad de la brucelosis y su amplia distribución geográfica. Por ejemplo, estudios realizados en Pakistán y Brasil han identificado factores de riesgo comunes entre diversas enfermedades del ganado, mientras que en África se ha mapeado la diversidad genética de B. abortus, revelando patrones de origen y propagación asociados al comercio de ganado. Estos hallazgos han mejorado la comprensión de la epidemiología de la brucelosis y enfatizan la necesidad de implementar estrategias de control específicas para cada región [5].

1.1 Preliminares

Etiología

La brucelosis es una enfermedad infecciosa provocada por bacterias del género Brucella, que son gramnegativas. En el ganado bovino, bisontes y búfalos, la especie principal responsable es Brucella abortus, un cocobacilo o bacilo corto. Este microorganismo es considerado un patógeno intracelular facultativo, con una estructura lisa y alta virulencia, clasificada en nueve biotipos. El biotipo 1 es el más común en ganado y prevalente en América. Su capacidad para vivir tanto dentro como fuera de las células contribuye a su persistencia en el medio ambiente. En humanos, las causas de la brucelosis son, principalmente, B. abortus (de ganado), B. melitensis (de ovejas y cabras) y B. suis (de cerdos). También se han reportado infecciones esporádicas por B. canis, que proviene de los perros. En términos de patogenicidad, B. melitensis y B. suis son más virulentas que otras especies de Brucella [6].

Patogenia

La brucelosis bovina es una enfermedad crónica y contagiosa que afecta la reproducción del ganado. Se caracteriza por una infección difusa e inflamación, especialmente en los órganos genitales y las membranas fetales y maternas, llevando a afecciones como endometritis, cotiledonitis necrótica, adenitis en ganglios linfáticos, mastitis y formación de lesiones en varios órganos.

La entrada de las bacterias en el organismo puede ocurrir a través de las mucosas del tracto digestivo, genital o nasal, así como por la conjuntiva ocular o heridas en la piel. La vía más frecuente de infección es mediante el aparato digestivo, específicamente a través de la mucosa orofaríngea, de donde las bacterias se trasladan a los ganglios linfáticos regionales y luego se diseminan a otros tejidos a través del torrente sanguíneo [7].

El período de incubación oscila entre 10 y 280 días. Durante las 3 a 12 semanas posteriores a la infección, se generan anticuerpos específicos como IgM, IgG1, IgG2 e IgA, siendo las IgG y las IgA las predominantes en la leche.

Las bacterias se multiplican en células dendríticas y macrófagos, lo que permite que algunos animales sean portadores asintomáticos. Hacia el final del tercer trimestre de gestación, las bacterias muestran afinidad por la glándula mamaria, los úteros en gestación y los tejidos placentarios, posiblemente debido a la elevada concentración de eritrol y hormonas esteroides, que favorecen su supervivencia y crecimiento [8].

La progresión de la enfermedad se divide en tres etapas: la fase de incubación, la fase aguda de invasión y diseminación en los tejidos, y la fase crónica, que puede resultar en daños severos. En machos, puede provocar varios problemas reproductivos como orquitis, vesiculitis y epididimitis, que pueden llevar a la infertilidad permanente. En hembras, causa abortos durante el último trimestre de gestación, junto con endometritis y complicaciones placentarias. Posteriormente al aborto, la bacteria puede persistir en la glándula mamaria y en los ganglios linfáticos, albergándose en entornos intracelulares.

Transmisión

La transmisión de Brucella abortus ocurre principalmente a través del contacto directo con la placenta, las secreciones vaginales, los líquidos fetales y los fetos muertos de animales infectados. Esta bacteria muestra una notable resistencia a condiciones de frío y humedad, lo que le permite sobrevivir durante varios meses en el ambiente, facilitando la infección en otras especies. Además, B. abortus puede colonizar el tejido mamario, transmitiendo la enfermedad a través de la leche, pudiendo persistir de forma intermitente o continua por este medio. También se ha encontrado en orina, heces, semen y secreciones vaginales. En humanos, la brucelosis bovina puede contagiarse a través del contacto con heridas en la piel o mucosas, o, en algunos casos, por el consumo de leche contaminada [9].

Signos y Síntomas

La brucelosis bovina se presenta en los bovinos con síntomas que incluyen fiebre intermitente, pérdida de peso, letargo, falta de apetito y debilidad general, los cuales varían en función de la inmunidad del rebaño. En hembras gestantes no vacunadas, el signo más destacado es el aborto que ocurre en el quinto mes de gestación. En machos, es posible el desarrollo de orquitis y epididimitis; en casos de orquitis aguda, pueden quedar estériles. Sin embargo, si solo uno de los testículos está afectado, pueden recuperar la fertilidad, aunque seguirán siendo portadores de la enfermedad.

Entre las lesiones que causa Brucella abortus se encuentran:

Placentitis: Inflamación de la placenta en bovinos, resultante de infecciones o factores ambientales y nutricionales.

Retención placentaria: Invasión bacteriana que causa daño en varios tejidos, impidiendo la expulsión adecuada de la placenta, lo que puede llevar a infecciones crónicas y, eventualmente, al aborto.

Metritis puerperal: Afección postparto frecuente en vacas lecheras, asociada con la retención de membranas fetales. Se manifiesta con secreción uterina fétida y síntomas como toxemia, septicemia, depresión y disminución en la producción de leche.

La metritis genera un desequilibrio hormonal que puede resultar en infertilidad y aumentar el tiempo de parto. Las complicaciones bacterianas debidas a la retención prematura de tejido placentario pueden desencadenar infecciones, las cuales podrían evolucionar hacia una metritis crónica.

Métodos de Diagnóstico

Para detectar la brucelosis en el ganado bovino, se utilizan diversas pruebas, algunas con mayor fiabilidad que otras. Es fundamental seleccionar una prueba confiable para evitar falsos positivos, que pueden generar importantes pérdidas económicas. Las pruebas más comunes incluyen la Rosa de Bengala y ELISA, aunque existen otras igualmente efectivas.

Rosa de Bengala: Esta prueba permite detectar anticuerpos anti-Brucella en el suero del animal. Se usa un antígeno teñido con rosa de Bengala en un pH de aproximadamente 3.65. Aunque es rápida, puede arrojar falsos positivos debido a reacciones cruzadas con otras bacterias y es sensible a variaciones de temperatura. Por ello, se recomienda confirmar los resultados positivos con pruebas más específicas.

ELISA: Este método es más sensible y efectivo, y puede aplicarse en suero sanguíneo o leche. Utiliza un antígeno inmovilizado que se detecta mediante un anticuerpo unido a una enzima, produciendo un producto detectable. Las muestras de suero se exponen a un antígeno lipopolisacárido de Brucella abortus lisa (S-LPS) en microplacas de poliestireno, junto con un anticuerpo monoclonal específico para un epítope del S-LPS.

Cultivo Bacteriano: Se obtienen muestras de sangre, leche, tejidos abortados o semen, que se cultivan en medios selectivos para Brucella, incubando durante varias semanas a temperaturas adecuadas para el crecimiento de la bacteria [10,44].

PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa): Se extrae ADN de la muestra y se amplifica mediante PCR utilizando cebadores específicos para Brucella, después se analiza la presencia de productos amplificados mediante electroforesis en gel o técnicas de detección en tiempo real.

Factores de Riesgo

Los factores de riesgo son eventos que aumentan la probabilidad de que un animal sufra una enfermedad o lesión. En la brucelosis bovina, los factores de riesgo incluyen el contacto entre animales sanos e infectados y sus productos. La edad y el sexo son determinantes, siendo la edad el factor más relevante.

Las hembras mayores de 5 años presentan una alta prevalencia de brucelosis bovina. Sin embargo, algunos datos sugieren que la enfermedad es más frecuente en animales jóvenes en rebaños sin controles de bioseguridad. La incidencia de abortos en bovinos puede atribuirse también a otras enfermedades infecciosas, aunque la brucelosis se distingue por provocar abortos entre el sexto y noveno mes de gestación, especialmente cuando no se ha vacunado a los animales.

En la provincia de Manabí, Ecuador, los factores de riesgo para la brucelosis bovina incluyen la edad y el sexo de los animales, la producción lechera, el control sanitario deficiente, la introducción de animales infectados, los abortos, el contacto con animales infectados, el consumo de productos lácteos no pasteurizados, prácticas de manejo inadecuadas y la adquisición de animales infectados. La presencia de fauna silvestre infectada y la falta de programas de control también incrementan el riesgo. Es esencial implementar medidas de control y bioseguridad para prevenir la brucelosis y proteger tanto al ganado como a las personas.

Trastornos Alimentarios

La brucelosis bovina puede provocar trastornos alimentarios en el ganado, impactando negativamente su salud y rendimiento. Los bovinos afectados pueden presentar anorexia, pérdida de peso, trastornos digestivos como diarrea o estreñimiento, y una disminución en la producción de leche en vacas. Además, la enfermedad puede causar debilidad general, reduciendo la actividad y la capacidad de los animales para alimentarse. Estos problemas alimentarios evidencian la gravedad del impacto de la brucelosis en el bienestar y la productividad del ganado.

La salud y el sistema inmunológico del ganado dependen de una nutrición adecuada. Una dieta equilibrada rica en vitaminas y minerales es fundamental para mantener un sistema inmunológico fuerte. Las deficiencias

nutricionales pueden debilitar la capacidad del ganado para manejar infecciones, incluida la brucelosis. Aunque la deficiencia de vitamina C no está directamente relacionada con la brucelosis, es clave para la salud general del ganado, ya que actúa como antioxidante y ayuda a sostener el sistema inmunológico. La falta de otros nutrientes, como las vitaminas A, D, E, minerales como zinc y selenio, así como proteínas, puede comprometer la respuesta inmunológica y aumentar [11,45].

2 Tomas de decisiones

La toma de decisiones es un proceso de selección entre cursos de alternativas, basado en un conjunto de criterios, para alcanzar uno o más objetivos [12]. Con respecto al concepto "toma de decisiones", Schein, plantea [13]: es el proceso de identificación de un problema u oportunidad y la selección de una alternativa de acción entre varias existentes, es una actividad diligente clave en todo tipo de organización [14,46].

Un proceso de toma de decisiones donde varían los objetos o decisiones, es considerado como un problema de toma de decisiones multicriterio [15]. La evaluación multicriterio constituye una optimización con varias funciones objetivo simultaneas y un agente decisor. La ecuación 1 formaliza el problema planteado.

$$Max = F(x), x \in X \tag{1}$$

Donde:

x: es un vector $[x_1, , x_n]$ de las variables de decisión.

X: es la denominada región factible. Representa el dominio de valores posible que puede tomar la variable.

F(x): es un vector $[F_1 x, , F_n x]$ de las P funciones objetivos que recogen los criterios.

Max: representa la función a maximizar, esta no es restrictiva.

Específicamente los problemas multicriterio discretos constan básicamente de dos tipos de datos que constituyen el punto de partida para diferentes problemas de toma de decisiones multicriterio discreto (DMD).

Cada problema de toma de decisiones puede ser diferente, sin embargo a partir de la versatilidad de su naturaleza se puede definir un procedimiento para la resolución de problemas. La Figura 1 muestra un esquema para la resolución de problemas de toma de decisiones.

Figura 1: Procedimiento para la resolución de problema de toma de decisiones.

Para la resolución de problemas de toma de decisiones, diversos han sido los métodos multicriterios propuestos [16-18]. Cuando se desea emitir una ponderación para una determinada alternativa, los métodos de ordenamiento y agregación representan una forma viable para su aplicación [19], [20], [21], [22]. Dentro de los métodos multicriterio clásicos se encuentra la ponderación lineal. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 2 [23-26].

$$R_i = \sum_j W_j \, r_{ij} \tag{2}$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto m de alternativas y n criterios [27-29]. Para cada criterio j el decisor estima cada alternativa i. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio. Se asigna un peso $W_j (j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j [30-32]

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [33], [34],[35] . Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [36], [37], [38,47]. Un número neutrosófico (N) se representa de la siguiente forma [39], [40]:

Sean $N = \{(T, I, F): T, I, F \subseteq [0, 1]\} n$, una valuación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene [41-43]:

$$v\,(p)\;=\;(T,I,F) \tag{3}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 4.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)}\, r_{ij(T,I,F)} \tag{4}$$

Donde:

$R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T,I,F).

$W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_j$ asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T,I,F).

r_{ij}: representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T,I,F).

3 Diseño del método para la evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina

El método propuesto está diseñado soportar el flujo de trabajo para la evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina. Basa su funcionamiento a partir de técnicas multicriterio, multiexperto. Utiliza en su inferencia el método multicriterio Ponderación Lineal Neutrosófica.

El método está diseñado mediante una estructura de tres etapas que en su conjunto determina la evaluación de competencias.

Etapa 1: Identificación de los criterios evaluativos.

Representa el conjunto de criterios que se valoran para la evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina. Constituye un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\},\ \mathrm{n} \geq 2$, criterios para la evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina.

Etapa 2: Determinación de los pesos.

Para la determinación de los pesos asociados a las competencias se utiliza un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\},\ m \geq 2$, donde E, representa los expertos que intervienen en el proceso.

Etapa 3: evaluación neutrosófica del impacto de la Brucelosis Bovina

La etapa de evaluación representa el procesamiento del método para emitir el resultado de la inferencia propuesta. Se procesan los datos empleando el método de la ponderación lineal mediante la ecuación 4. Como resultado se evalúa el impacto de la Brucelosis Bovina.

4 Resultados y discusión

Para la implementación del método propuesto se realizó un estudio de caso donde se analizó el comportamiento de los indicadores evaluativos en un caso de estudio.

Etapa 1: Identificación de los criterios evaluativos.

Para el análisis y funcionamiento del método propuesto se utilizaron 6 criterios que permiten para la evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina, tal como se presentan en la tabla 1.

Tabla 1: Criterios para la evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina.

No	Criterios
1	Prevalencia de la Enfermedad
2	Impacto Económico
3	Efectos en la Salud Animal
4	Transmisión a Humanos
5	Eficiencia de Programas de Vacunación
6	Conocimiento y Prácticas de Manejo

Etapa 2: Determinación de los pesos.

Para la etapa de determinación de los pesos atribuidos a las competencias, se realizó la consulta a 5 expertos que expresaron sus valoraciones sobre las competencias. Se obtuvieron las tablas valorativas las cuales fueron agregadas en una tabla resultante. La tabla 2 muestra el resultado de la valoración de los criterios una vez realizado el proceso de agregación.

Tabla 2: Peso atribuido a los criterios a partir de la consulta a expertos.

Criterios	Valoración del criterio $W_{(T,I,F)}$
C_1	[0.90,0.15,0.25]
C_2	[0.90,0.15,0.25]
C_3	[1,0.15,0.10]
C_4	[1,0.15,0.10]
C_5	[0.80,0.25,0.25]
C_6	[1,0.15,0.10]

Etapa 3: evaluación neutrosófica del impacto de la Brucelosis Bovina

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas y el desarrollo de los criterios definidos por el personal de enfermería, se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia de cada competencia. La Tabla 3 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 3: Procesamiento del sistema de toma de decisiones.

Competencias	Pesos $W_{(T,I,F)}$	Preferencias	$R_{i(T,I,F)}$
C_1	[0.90,0.15,0.25]	[1,0.10,0.15]	[0.95,0.025,0.015]
C_2	[0.90,0.15,0.25]	[1,0.10,0.15]	[0.95,0.025,0.015]
C_3	[1,0.15,0.10]	[1,0.10,0.15]	[0,1,0.015,0.15]
C_4	[1,0.15,0.10]	[0.90,0.15,0.25]	[0.85,0.25,0.25]
C_5	[0.80,0.25,0.25]	[0.90,0.15,0.25]	[0.95,0.025,0.015]
C_6	[1,0.15,0.10]	[0.90,0.15,0.25]	[1,0.025,0.0375]
Índice			[0.94,0.025,0.015]

Para el caso de análisis se evidencia un índice de 0.94 lo que representa un alto índice de evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina.

4 Discusión

La brucelosis representa una importante preocupación económica y de salud pública a nivel global, principalmente debido a su capacidad de transmisión directa a los humanos a partir de animales infectados que no han sido diagnosticados [5, 6, 11,]. En Ecuador, se ha observado una seroprevalencia relativamente baja del 0,6%, acción que se puede atribuir a diversos factores de riesgo que contribuyen a la propagación de la enfermedad. La implementación de una estrategia de vacunación con la cepa 19 en terneras ha demostrado ser efectiva, logrando reducir la seroprevalencia de brucelosis bovina del 7% al 2,9%.

Un estudio realizado en Tulcán reveló resultados positivos, ya que ninguna de las muestras de bovinos obtuvo resultados positivos en las pruebas de Rosa de Bengala y ELISA, lo que indica una condición epidemiológica favorable en esa región. Esto subraya la importancia de utilizar pruebas certificadas a nivel internacional para obtener un diagnóstico más preciso de la enfermedad. Sin embargo, es esencial considerar la influencia del manejo de muestras en la obtención de resultados de laboratorio, lo que puede afectar la interpretación de los datos [1, 3, 7].

Estas evidencias reflejan el impacto positivo de las estrategias de prevención y control de la brucelosis, así como la necesidad de seguir implementando y ajustando programas de vacunación y diagnóstico para asegurar una mejora continua en la salud pública y la economía agrícola. [48,49,50]

5 Conclusión

A partir del desarrollo del método neutrosófico para la evaluación del impácto de la Brucelosis Bovina. La brucelosis bovina es una enfermedad infecciosa provocada por Brucella abortus, que impacta el ganado bovino al causar abortos espontáneos, reducir la fertilidad y generar pérdidas económicas significativas.

La transmisión entre animales ocurre a través de secreciones fetales y descargas vaginales, mientras que los

humanos pueden infectarse mediante el consumo de productos lácteos no pasteurizados. Por lo tanto, es fundamental implementar medidas de bioseguridad y saneamiento para prevenir su propagación.

Esta enfermedad plantea un desafío considerable tanto para la industria ganadera como para la salud pública. Es imperativo aplicar programas de control que incluyan vigilancia, vacunación, cuarentena y eliminación de animales infectados para disminuir su prevalencia y mitigar su impacto.

Referencias

[1] F. Araque-Villaquiran, A. A. Peña-Guevara, A. Carvajal-Mazuera, and J. Loaiza Giraldo, "Brucelosis como causa de fiebre persistente en un trabajador de la salud de Cali, Colombia. Reporte de caso," *Revista Cuarzo (REC),* vol. 27, no. 2, 2021.

[2] A. Muñoz-Acevedo, M. C. González, O. J. Castillo, C. P. Guzmán, S. Rodríguez-Acosta, M. Cervantes-Díaz, R. D. De Alburquerque, B. M. Ruppelt, N. Flores, and A. Giménez-Turba, "Promising antimicrobial agents from some Latin American medicinal plants against disease-causing pathogens in humans and animals," *Promising Antimicrobials from Natural Products*, pp. 241-279: Springer, 2022.

[3] A. R. Shahrabi, S. Moradkasani, F. Goodarzi, M. Beig, and M. Sholeh, "Prevalence of Brucella melitensis and Brucella abortus tetracyclines resistance: A systematic review and meta-analysis," *Microbial Pathogenesis,* vol. 183, pp. 106321, 2023.

[4] J. M. Blasco, E. Moreno, P. Muñoz, R. Conde-Álvarez, and I. Moriyon, "A review of three decades of use of the cattle brucellosis rough vaccine Brucella abortus RB51: myths and facts," *BMC Veterinary Research,* vol. 19, no. 1, pp. 211, 2023.

[5] G. Wareth, M. El-Diasty, N. H. Abdel-Hamid, K. Holzer, M. E. Hamdy, S. Moustafa, M. A. Shahein, F. Melzer, W. Beyer, and M. W. Pletz, "Molecular characterization and antimicrobial susceptibility testing of clinical and non-clinical Brucella melitensis and Brucella abortus isolates from Egypt," *One Health,* vol. 13, pp. 100255, 2021.

[6] F. Zhi, K. Liu, H. Geng, M. Su, J. Xu, L. Fu, K. Ma, P. Gao, L. Yuan, and Y. Chu, "Copper sensing transcription factor ArsR2 regulates VjbR to sustain virulence in Brucella abortus," *Emerging Microbes & Infections,* vol. 13, no. 1, pp. 2406274, 2024.

[7] L. Pasquardini, N. Cennamo, F. Arcadio, C. Perri, A. Chiodi, G. D'agostino, and L. Zeni, "Immuno-SPR biosensor for the detection of Brucella abortus," *Scientific Reports,* vol. 13, no. 1, pp. 22832, 2023.

[8] C. Servais, V. Vassen, A. Verhaeghe, N. Küster, E. Carlier, L. Phégnon, A. Mayard, N. Auberger, S. Vincent, and X. De Bolle, "Lipopolysaccharide biosynthesis and traffic in the envelope of the pathogen Brucella abortus," *Nature Communications,* vol. 14, no. 1, pp. 911, 2023.

[9] C. Yang, J. Gao, R. Xian, X. Liu, W. Kuai, C. Yin, H. Fan, J. Tian, X. Ma, and J. Ma, "Molecular epidemiology of Brucella abortus isolated from the environment in Ningxia Hui autonomous region, China," *Infection, Genetics and Evolution,* vol. 123, pp. 105635, 2024.

[10] H. Tarrahimofrad, J. Zamani, M. R. Hamblin, M. Darvish, and H. Mirzaei, "A designed peptide-based vaccine to combat Brucella melitensis, B. suis and B. abortus: Harnessing an epitope mapping and immunoinformatics approach," *Biomedicine & Pharmacotherapy,* vol. 155, pp. 113557, 2022.

[11] V. A. Streva, J. Weinstein, C. Jankowski-Romano, N. Osakwe, S. Duong, S. Juretschko, and J. K. Lemon, "The Brief Case: Incidental finding of Brucella abortus bacteremia in a patient with urinary tract infection," *Journal of Clinical Microbiology,* vol. 62, no. 4, pp. e01381-23, 2024.

[12] S. Herbert, "The new science of management decision," *New York*, 1960.

[13] E. B. F. Fincowsky, "Toma de decisiones empresariales," *Contabilidad y Negocios* vol. Vol 6, No 11, pp. 113-120. ISSN 1992-1896, 2011.

[14] E. SCHEIN, "Process consultation," 1988.

[15] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[16] M. Saqlain, M. Saeed, M. R. Ahmad, and F. Smarandache, *Generalization of TOPSIS for Neutrosophic Hypersoft set using Accuracy Function and its Application*: Infinite Study, 2019.

[17] N. ValcÃ, and M. Leyva-VÃ, "Validation of the pedagogical strategy for the formation of the competence entrepreneurship in high education through the use of neutrosophic logic and Iadov technique," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 23, pp. 45-51, 2018.

[18] C. M. Villamar, J. Suarez, L. D. L. Coloma, C. Vera, and M. Leyva, *Analysis of technological innovation contribution to gross domestic product based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers*: Infinite Study, 2019.

[19] L. A. P. Florez, and Y. L. Rodríguez-Rojas, "Procedimiento de Evaluación y Selección de Proveedores Basado en el Proceso de Análisis Jerárquico y en un Modelo de Programación Lineal Entera Mixta," *Ingeniería,* vol. 23, no. 3, pp. 230-251, 2018.

[20] E. M. García Nové, "Nuevos problemas de agregación de rankings: Modelos y algoritmos," 2018.

[21] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[22] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[23] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.

[24] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[25] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.

[26] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.

[27] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[28] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[29] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[30] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[31] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[32] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[33] F. Smarandache, "A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic," *Philosophy*, pp. 1-141, 1999.

[34] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[35] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[36] M. Leyva-Vázquez, and F. Smarandache, *Computación neutrosófica mediante Sympy*: Infinite Study, 2018.

[37] O. M. Cornelio, J. G. González, and I. S. Ching, "Método multicriterio para la evaluación de habilidades en un Sistema de Laboratorios a Distancia," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 1, pp. 237-251, 2021.

[38] F. Morey Cortès, "El sistema alimentario global: ponderación cuantitativa de las variables del modelo en el entorno de Cataluña," Universitat Politècnica de Catalunya, 2019.

[39] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[40] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[41] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[42] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[43] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[44] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[45] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[46] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. “Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra”. Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[47] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. “Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador”. Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[48] von Feigenblatt, O. F. “Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies”, pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[49] von Feigenblatt, O. F. “Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth”. Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[50] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. “El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura”. In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 20, 2025. Aceptado: marzo 10, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Evaluación multicriterio neutrosófica sobre el raquitismo canino en la ciudad Ambato

Neutrosophic multicriteria evaluation of canine rickets in the city of Ambato

Emilio Micael Álvarez Medina [1], Fosther Mateo Álvarez Yanza [2], Rosa Anahí Castillo Flores [3], and Mildre Mercedes Vidal del Río [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. emilioam76@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. fostheray84@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. rosacf12@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.mildrevidal@uniandes.edu.ec

Resumen: El raquitismo en caninos es una enfermedad ósea que afecta el crecimiento y desarrollo de los animales debido a la deficiencia de nutrientes esenciales como el calcio y el fósforo. Esta condición puede resultar en deformidades esqueléticas, debilidad y dificultades para moverse, siendo observable desde etapas tempranas en los cachorros. La población, en general, presenta un desconocimiento significativo sobre esta enfermedad, lo que dificulta su detección y tratamiento oportuno. Cuando se manifiestan los síntomas, no existe una medicación rápida y eficaz. La correcta medicación es un proceso minucioso que debe cumplir con todos los aspectos y requerimientos necesarios para asegurar la recuperación del animal y evitar complicaciones en su vida. En este contexto, se propone desarrollar una Evaluación multicriterio neutrosófica sobre el raquitismo canino en la ciudad de Ambato. Este método permitirá analizar y valorar diversos factores que contribuyen a la aparición de la enfermedad, así como las condiciones de tratamiento y prevención disponibles en la región. A través de esta evaluación, se busca no solo identificar la prevalencia del raquitismo en caninos, sino también crear conciencia sobre la importancia de una dieta equilibrada y el reconocimiento temprano de los signos clínicos. Los resultados de un caso clínico en particular evidencian que un cachorro presentaba raquitismo, lo cual fue observado de manera amnésica en sus extremidades anteriores, resaltando así la relevancia de abordar esta problemática de salud en la población canina local.

Palabras Claves: Evaluación multicriterio neutrosófica, raquitismo canino, osteodistrofias, nutricion

Abstract. Rickets in dogs is a bone disease that affects the growth and development of animals due to a deficiency of essential nutrients such as calcium and phosphorus. This condition can result in skeletal deformities, weakness and difficulty moving, and can be observed from an early stage in puppies. The general population is significantly unaware of this disease, which makes it difficult to detect and treat it in a timely manner. When symptoms appear, there is no quick and effective medication. Correct medication is a thorough process that must meet all the aspects and requirements necessary to ensure the animal's recovery and avoid complications in its life. In this context, it is proposed to develop a multicriteria neutrosophic evaluation of canine rickets in the city of Ambato. This method will allow the analysis and assessment of various factors that contribute to the appearance of the disease, as well as the treatment and prevention conditions available in the region. Through this evaluation, we seek not only to identify the prevalence of rickets in canines, but also to raise awareness about the importance of a balanced diet and early recognition of clinical signs. The results of a particular clinical case show that a puppy had rickets, which was observed amnestically in its front limbs, thus highlighting the relevance of addressing this health problem in the local canine population.

Keywords: Neutrosophic multicriteria evaluation, canine rickets, osteodystrophies, nutrition

1 Introducción

El raquitismo en caninos es una afección similar al raquitismo humano porque las dos tienen un déficit de vitamina D ya que es esencial para ayudar al cuerpo a absorber el calcio y el fósforo de los alimentos [1]. Esta es más común o más frecuente en cachorros generalmente de 3 a 12 meses de edad ya que durante esta edad sus requerimientos nutricionales son muy exigentes para el fortalecimiento y crecimiento correcto de sus partes óseas [2].

Es importante conocer que el raquitismo puede variar según sus razas caninas o por sus patologías hereditarias. El raquitismo se produce por deficiencias nutricionales, especialmente de vitamina D, calcio y fósforo, o por problemas de absorción de estos nutrientes y esta afectación de la enfermedad produce una degradación ósea y esto conduce al aumento en la resorción ósea, desmineralización ósea y alteraciones en la remodelación ósea, contribuyendo a estos síntomas característicos del raquitismo que incluyen debilidad ósea, deformidades esqueléticas y retraso en el crecimiento [3].

El tejido óseo es de tejido conjuntivo con una compleja composición química y Física ya que está formado por una matriz orgánica y una fase mineral, esta fracción celular incluye los osteoblastos y los osteoclastos. La composición de los huesos está constituida por 90% de fibras de colágeno y por 10% de amino polisacáridos, proteínas y pequeña cantidad de lípidos [4]. Como dato importante tenemos que del total del calcio y el fósforo corporales, el 99% y el 80% están presentes en el esqueleto [5].

Hay varias diferencias entre la composición orgánica e inorgánica del hueso y cartílago como la flexibilidad, contenido de agua, la ausencia de depósitos minerales y la diferencia en los tipos de colágeno. El cartílago contiene condroblastos, proteoglicanos y colágeno, los proteoglicanos están constituidos por GAG y agrecano que es de gran importancia en el cartílago. Como un dato aproximado se tiene que 200 moléculas de agrecano se unen a través de una glucoproteína a una molécula de ácido hialurónico y esto es para que se pueda fijar una gran cantidad de agua extracelular [5]. La figura 1 muestra una caracterización de estos casos:

A B

Figura 1. A: Canino de 4 meses con deformación en sus extremidades delanteras y con falta de nutrición y proteínas. B: Canino de 12 meses con deformación en sus extremidades traseras y adelgazamiento en su corporación física.

El diagnóstico se realiza a través de pruebas de laboratorio para evaluar los niveles de calcio, fósforo y vitamina D en la sangre, así como radiografías para detectar anormalidades óseas para tratarlo con suplementos adecuados y cambios en la alimentación para evitar complicaciones graves en la salud de la mascota. Esta enfermedad puede ser causado por diversas razones, como una dieta deficiente en nutrientes esenciales, una exposición inadecuada a la luz solar (necesaria para que el cuerpo produzca vitamina D) o problemas de absorción intestinal [6].

El tratamiento del raquitismo en perros implica corregir las deficiencias nutricionales a través de una dieta equilibrada y suplementos vitamínicos, especialmente de vitamina D, calcio y fósforo, en casos más graves, pueden ser necesarios tratamientos adicionales, como la terapia con calcio intravenosa o medicamentos para estimular la absorción de nutrientes [7,21]. El manejo veterinario adecuado es fundamental para garantizar mediante un enfoque integral la recopilación de información detallada, pruebas de laboratorio y de imagen con especialistas cuando sea necesario ya que esto produce un tratamiento efectivo y de tal manera prevenir complicaciones a largo plazo en la salud de los caninos.

Basado en estos antecedentes, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar una evaluación multicriterio neutrosófica sobre el raquitismo canino en la ciudad Ambato, Ecuador.

2 Estructura del método multicriterio para la evaluación neutrosófica del raquitismo canino en la ciudad Ambato

Para evaluación del raquitismo canino, se utilizó un método que basa su funcionamiento mediante números neutrosóficos para modelar la incertidumbre. Basa su funcionamiento a partir de técnicas multicriterio, donde se modelan los indicadores para diagnosticar el raquitismo canino en un ejemplar de la ciudad de Ambato. El método utiliza para la inferencia la Ponderación Lineal Neutrosófica. Está diseñado mediante una estructura de tres actividades que en su conjunto determina el análisis evaluativo.

Actividad 1: Identificación los criterios que definen el raquitismo canino

Representa el conjunto de criterios que definen el raquitismo canino. El conjunto de criterios representan un parámetro de entrada del método propuesto, se sustenta mediante un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\}$, n ≥ 2, indicadores que representan los criterios evaluativos.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios que definen el caso

El proceso de determinación de los pesos, representa la actividad que determinar los vectores de pesos asociados a los casos. Representa un parámetro para el proceso de inferencia. Se basa en un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\}$, $m \geq 2$, donde E, representa los expertos que determinan los vectores de pesos asociados a los casos de análisis.

Actividad 3: Evaluación de los criterios

La actividad representa el procesamiento del método de inferencia para determinar los criterios que definen el caso. El procesamiento de los datos se realiza mediante la ponderación lineal neutrosófica que constituye un método multicriterio [8-10]. La ponderación lineal neutrosófica representa una alternativa a los métodos multicriterios clásicos [11]. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 1.

$$R_i = \sum_j W_j \, r_{ij} \tag{1}$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto m de alternativas y *n* criterios [12]. Para cada criterio *j* el decisor estima cada alternativa *i*. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio. Se asigna un peso $W_j (j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j.

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [13, 14,22]. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [15]. Un número neutrosófico (N) se representa de la siguiente forma:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$, una valuación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia *p* se tiene [16-18]:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{2}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 3.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)} \, r_{ij(T,I,F)} \tag{3}$$

Donde:

$R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

$W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_j$ asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

r_{ij}: representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

3 Implementación del método multicriterio para la evaluación neutrosófica del raquitismo canino

A continuación se realiza una descripción de la corrida por actividades del método neutrosófico multicriterio para la evaluación del raquitismo canino. En este caso se tomará como objeto de estudio un canino de 12 meses con deformación en sus extremidades traseras y adelgazamiento en su corporación física. El caso clínico se presenta tal como se muestra a continuación:

Se presenta el caso clínico de un canino de 12 meses que muestra signos evidentes de raquitismo, manifestándose a través de deformaciones en sus extremidades traseras y un adelgazamiento notable en su condición corporal. Al examinar al animal, se observa que las deformaciones en las patas traseras incluyen curvaturas anormales en

los huesos, lo que resulta en una postura irregular y dificultades para caminar. El canino presenta inestabilidad al intentar levantarse y muestra signos de dolor al realizar movimientos.

Adicionalmente, se ha registrado una pérdida significativa de masa corporal, lo que indica desnutrición o mala absorción de nutrientes esenciales, fundamentalmente calcio y fósforo, que son críticos para el desarrollo óseo adecuado. La piel del animal se observa en un estado poco saludable, lo que podría estar relacionado con deficiencias nutricionales. Los propietarios del canino indican que el animal ha presentado apatía y falta de energía, además de ser reacio a realizar actividades físicas como jugar o correr.

La implementación del método neutrosófico multicriterio para la evaluación del raquitismo canino permitirá analizar diferentes aspectos del caso, incluyendo la dieta del animal, el entorno en el que vive, sus antecedentes médicos y la duración de los síntomas. Este diagnóstico detallado facilitará la identificación de factores subyacentes que contribuyen al raquitismo y ayudará a formular un plan de tratamiento integral para mejorar la salud y calidad de vida del canino.

Una vez presentado el reporte de caso, se realiza la implementación del método neutrosófico descrito en esta investigación:

Actividad 1: Identificación los criterios que definen el raquitismo canino

Para la presente investigación se consultaron 5 expertos a partir de los cuales se identificaron los criterios evaluativos. En la selección de los expertos se consideraron diversas características y criterios de inclusión. Los expertos debían poseer un sólido conocimiento en medicina veterinaria, específicamente en enfermedades óseas en caninos, así como una experiencia comprobable en diagnóstico y tratamiento de condiciones relacionadas con la nutrición animal. Se priorizó la inclusión de profesionales con antecedentes en investigación y prácticas clínicas, así como aquellos que hubieran participado previamente en estudios sobre el raquitismo o condiciones similares. La tabla 2 muestra los criterios resultantes.

Tabla 1: Criterios evaluativos para evaluar el raquitismo canino en el caso objeto de estudio.

No	Criterios	Descripción
C_1	Nutrición y dieta	Se evaluará la calidad de la alimentación del canino, considerando la adecuada proporción de calcio, fósforo y otros nutrientes esenciales que son fundamentales para el desarrollo óseo y general del animal.
C_2	Historia médica y clínica	Se analizarán los antecedentes del canino, incluyendo enfermedades previas, tratamientos realizados y cualquier otro factor clínico relevante que pueda haber contribuido al desarrollo del raquitismo.
C_3	Condiciones ambientales	Este criterio implica la evaluación del entorno en el que se desarrolla el canino, incluyendo la calidad del espacio, el acceso a luz solar, y el nivel de ejercicio, lo cual puede impactar en su salud general y en la prevención de enfermedades.
C_4	Signos clínicos observable	Se documentarán los síntomas específicos presentados por el canino, tales como deformidades esqueléticas, debilidad, dificultad para caminar, crecimiento deficiente, calambres musculares, baja estatura y otros comportamientos que indiquen malestar físico.
C_5	Estrategias de prevención y manejo	Se considerarán las medidas de prevención implementadas por los propietarios, así como el conocimiento que tienen sobre el raquitismo y su disposición para adoptar cambios en la dieta o el entorno del canino para mejorar su salud.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios

La actividad emplea un enfoque multiexperto para la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios para determinar el raquitismo canino. La actividad representa la base para el procesamiento de las inferencias. La tabla 2 muestra el resultado de los vectores de pesos atribuidos a los criterios.

Tabla 2: Pesos asociados a los criterios para evaluar el raquitismo canino.

Criterios evaluativos	Pesos neutrosófico asociados
C_1	(0.8,0,15,0.20)
C_2	(1,0,0)
C_3	(1,0,0)
C_4	(0.9, 0.1, 0.1)
C_5	(0.9, 0.1, 0.1)

Actividad 3: Evaluación de los criterios

Para obtener los resultados a partir del método propuesto se hace uso de la Neutrosofía y en particular de la escala lingüística, S, $vk_j \in S$, donde; $S=\{s1,\ldots,s_g\}$, es el conjunto de término lingüísticos definidos para evaluar las características *ck* utilizando los números Neutrosóficos de Valor Único (SVN), para el análisis de los términos lingüísticos resultantes. La escala de términos lingüísticos a utilizar se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Escala de términos lingüísticos.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente alto (EA)	(1,0,0)
Muy muy alto (MMA)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy alto (MA)	(0.8,0,15,0.20)
Alto (A)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente alto (MDA)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente bajo (MDB)	(0.40,0.65,0.60)
Bajo (MB)	(0.30,0.75,0.70)
Muy bajo (MB)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy bajo (MMB)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente bajo (EB)	(0,1,1)

Basado en los resultados obtenidos, se utiliza la Neutrosofía para cuantificar los criterios del raquitismo canino. El análisis se realiza a partir de la escala de términos lingüísticos y los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Tabla para evaluar el raquitismo canino en el caso objeto de estudio.

Criterios evaluativos	Etiqueta lingüística	Valor neutrosófico
C_1	Medianamente alto (MDA)	(0.60,0.35,0.40)
C_2	Alto (A)	(0.70,0.25,0.30)
C_3	Muy muy alto (MMA)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	Muy alto (MA)	(0.8,0,15,0.20)
C_5	Muy muy alto (MMA)	(0.9, 0.1, 0.1)

A partir de la Ponderación Lineal Neutrosófica propuesta para el método, se realiza el cálculo para el análisis del raquitismo canino en el caso objeto de estudio. La tabla 5 nuestra los datos y el resultado del procesamiento a partir del cálculo de la ecuación 3.

Tabla 5: Resultados del procesamiento.

Criterios evaluativos	Valor neutrosófico de preferencia	Vector de peso neutrosófico	Cálculo
C_1	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.8,0,15,0.20)	(0.85,0.15,0.15)
C_2	(0.9, 0.1, 0.1)	(1,0,0)	(0.95, 0.1, 0.1)
C_3	(0.70,0.25,0.30)	(1,0,0)	(0.85,0.15,0.15)
C_4	(0.8,0,15,0.20)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.85,0.15,0.15)
C_5	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.90, 0.1, 0.1)
Inferencia			(0.90, 0.1, 0.1)

A partir de la inferencia obtenida se concluye que la evaluación sobre el raquitismo canino, se encuentra valorada para el caso objeto de estudio como muy alto con un índice de 0.90.

Adicionalmente, se llevó a cabo una encuesta a 22 responsables de caninos en la ciudad de Ambato con el fin de evaluar su conocimiento sobre el raquitismo canino, así como las medidas adoptadas para el cuidado de sus mascotas. Esta iniciativa buscó obtener una visión integral de su entendimiento respecto a los signos clínicos de la enfermedad, la importancia de la vacunación, las dietas que proporcionan a sus animales, y sus experiencias previas con el raquitismo. Los encuestados mostraron un interés variable en la salud de sus perros; algunos estaban

al tanto de los síntomas y la relevancia de una alimentación equilibrada, mientras que otros carecían de información crítica sobre la enfermedad. Asimismo, se evaluaron las prácticas adoptadas por ellos en la prevención de este trastorno, revelando un panorama de conocimientos y actitudes que, en última instancia, puede influir en el bienestar de los caninos en la región. La tabla 6 resume los principales hallazgos:

Tabla 6. Resultados de la encuesta a dueños de mascotas de la ciudad de Ambato.

Pregunta	M	DE
1. Estoy familiarizado con los síntomas del raquitismo canino.	2.86	1.25
2. Creo que la dieta de mi perro es equilibrada y adecuada para su salud.	3.01	1.14
3. Tengo conocimiento sobre la importancia de la vacunación en caninos.	4.23	0.24
4. He observado algún signo de raquitismo en mi perro o en perros de mi entorno.	3.56	0.68
5. He tomado medidas para prevenir el raquitismo en mi perro (dieta, suplementos, etc.).	3.58	0.76
6. La información que he recibido sobre el raquitismo canino ha sido suficiente para cuidarlo.	2.54	0.56
7. He consultado a un veterinario sobre la salud de mi perro en relación con el raquitismo.	2.87	0.85
8. Estoy dispuesto a cambiar la dieta de mi perro si es necesario para su salud.	4.21	0.19
9. Creo que el entorno y las condiciones de vida afectan la salud de mi perro.	4.86	0.57
10. La desparasitación regular de mi perro es parte de mis cuidados habituales.	4.26	0.34

Nota: 1 - Totalmente en desacuerdo; 5 - Totalmente de acuerdo; M: Media; DE: Desviación estándar.

Los resultados de la encuesta reflejan un panorama de conocimientos y actitudes sobre el raquitismo canino entre las personas responsables de mascotas en Ambato. La media de 2.86 en relación a la familiaridad con los síntomas del raquitismo sugiere que existe una falta general de conocimiento específico sobre esta enfermedad, crítica para su detección temprana y tratamiento. Del mismo modo, la valoración de 3.01 sobre la percepción de las dietas sugiere que los dueños pueden no tener total confianza en la nutrición de sus perros, lo que podría influir en la aparición de problemas como el raquitismo.

A pesar de esto, un punto positivo se observa en la alta valoración (4.23) respecto a la importancia de la vacunación, lo que indica una buena comprensión de la necesidad de estas medidas preventivas en la salud de los caninos. Sin embargo, la baja media de 2.54 en la suficiencia de la información sobre el raquitismo, junto con un escaso contacto con veterinarios (2.87), muestra que la educación sobre esta enfermedad es un área que necesita ser mejorada, especialmente considerando el potencial daño que puede causar si no se aborda adecuadamente.

En cuanto a la disposición a cambiar la dieta (4.21) y el reconocimiento del impacto del entorno en la salud de los perros (4.86), indica una receptividad ante la posibilidad de adoptar medidas más efectivas para el cuidado canino. Sin embargo, la necesidad de desparasitación regular también es reconocida positivamente con una media de 4.26, lo que sugiere una cierta responsabilidad entre los dueños hacia el bienestar general de sus mascotas.

Estos resultados evidencian una combinación de aspectos positivos y negativos en la educación y las prácticas de cuidado canino. La falta de conocimiento específico sobre el raquitismo y la insuficiencia de información recibida apuntan a la necesidad de fortalecer los programas educativos en salud animal y nutrición, así como incrementar la interacción entre los dueños de mascotas y los veterinarios. Esto ayudará a mejorar la salud de los caninos y a prevenir la aparición de enfermedades como el raquitismo en la comunidad.

4 Discusión

El raquitismo canino es una alteración ósea significativa causada por déficits en nutrientes esencial como calcio, fósforo y vitamina D. Este estudio resalta la importancia de una adecuada nutrición y la prevención de condiciones que podrían llevar a esta enfermedad, que se manifiesta en la forma de deformaciones óseas, debilidad y otros síntomas debilitantes en los perros. La variedad de orígenes que puede tener el raquitismo, incluyendo deficiencias nutricionales, problemas en la lactación y enfermedades parasitarias, subraya la complejidad de su diagnóstico y tratamiento [19,23]. Una exploración física complementada con análisis y radiografías es esencial para diagnosticar con precisión esta condición y establecer un plan de tratamiento adecuado [20,24].

La implementación de la Evaluación Multicriterio Neutrosófica realizada en la presente investigación se destaca como una herramienta valiosa para abordar el raquitismo canino en la ciudad de Ambato. Este método permite una valoración exhaustiva de múltiples factores que contribuyen al desarrollo de la enfermedad, facilitando la identificación de áreas críticas en las que se necesita intervención. Con esta metodología se puede obtener un panorama claro que incluiría factores nutricionales, ambientales y clínicos, lo que enriquecería las estrategias de prevención y tratamiento enfocados en el bienestar de los caninos. [25,26]

Los resultados de la encuesta realizada a los responsables de caninos en Ambato revelan una combinación de conocimiento y actitudes hacia la salud de sus mascotas. A pesar de que existe un conocimiento adecuado sobre la importancia de la vacunación, se observa una significativa falta de familiaridad con los síntomas del raquitismo.

Esto, junto con la inseguridad sobre la calidad de la dieta que se les proporciona a los perros, indica la necesidad de un cambio en la educación y sensibilización sobre el tema. Además, la disposición de los encuestados para adoptar cambios en la dieta de sus perros y la alta valoración del impacto del entorno en la salud canina sugieren que hay una oportunidad para mejorar la situación a través de campañas de educación dirigidas.

La investigación enfatiza la necesidad urgente de un enfoque más integral para la prevención y manejo del raquitismo canino en Ambato. La promoción de una nutrición adecuada, la educación sobre los síntomas y la implicación de los veterinarios en el cuidado de los caninos son críticos para evitar la aparición de esta enfermedad. Además, el uso de evaluaciones multicriterio neutrosóficas puede ser fundamental en el diseño de estrategias más efectivas para abordar este problema de salud en la población canina de la región. [27]

5 Conclusión

Los resultados de esta investigación destacan la relevancia del raquitismo canino como un problema de salud significativo en la ciudad de Ambato, derivado principalmente de deficiencias nutricionales de calcio, fósforo y vitamina D. A partir de los datos recopilados, se evidencia que muchos dueños de perros tienen una comprensión insuficiente sobre los síntomas y el impacto de esta enfermedad en la salud de sus mascotas. Esto resalta la necesidad de realizar campañas educativas que informen sobre la importancia de una nutrición balanceada y los cuidados necesarios para prevenir el raquitismo.

Los resultados de la encuesta revelan que, aunque hay un alto grado de conciencia sobre la vacunación y el cuidado general de los perros, persiste una falta de familiaridad con los signos del raquitismo. Esta disparidad indica que el conocimiento sobre salud puede no estar siendo transmitido de manera efectiva a los dueños de mascotas.

La Evaluación Multicriterio Neutrosófica se establece como una herramienta fundamental para abordar el raquitismo canino, ya que permite analizar múltiples factores que influyen en la salud de los perros de manera integrada. Esto proporciona un marco holístico para la formulación de políticas y estrategias específicas que fomenten la prevención y el tratamiento adecuado del raquitismo canino.

A partir de la evaluación realizada, se considera crucial fomentar una mayor comunicación entre los dueños de mascotas y los veterinarios, así como facilitar el acceso a información y recursos sobre la nutrición adecuada y el cuidado preventivo de la salud. Con una mejor educación y potenciación de los cuidados, es posible reducir la incidencia del raquitismo canino y mejorar significativamente la calidad de vida de los perros en Ambato.

Referencias

[1] K. L. Phillips, “Orthopedic Diseases of Young and Growing Dogs and Cats,” *Thrall's Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology-E-Book*, pp. 364, 2024.

[2] R. J. Mellanby, "Vitamin D metabolism and disorders in companion animals," *Feldman and Pike's Vitamin D*, pp. 663-677: Elsevier, 2024.

[3] R. S. Jatav, A. Pratap, N. Vaishnav, and N. Sharma, "General aspects of introduction to diseases, diagnosis, and management of dogs and cats," *Introduction to Diseases, Diagnosis, and Management of Dogs and Cats*, pp. 3-17: Elsevier, 2024.

[4] S. Tazerji, A. Elahinia, B. Akhtardanesh, F. Kabir, B. Vazir, P. Duarte, P. Haji-pour, A. Rehman, M. Ilyas, and S. Hassanzadeh, “Nutritional risks and consequences of meat-only diets for dogs and cats,” *Ger. J. Vet. Res,* vol. 4, no. 1, pp. 62-76, 2024.

[5] S. Douglas, and H. Williamson, "Diagnóstico radiológico veterinaria," *Diagnóstico radiológico veterinaria*, pp. 330-330, 1975.

[6] D. Singh, “Studies on prevalence, clinico-pathological, diagnostic and therapeutic-managemental aspects of canine rickets,” GB Pant University of Agriculture and Technology, Pantnagar, 2022.

[7] C. Rohdin, C. Wang, G. Brander, V. Rondahl, Å. Karlsson, L. Friling, A. Fischetti, J. Meadows, J. Häggström, and K. H. Jäderlund, “Mutations in the CYP27B1 gene cause vitamin D dependent rickets in pugs,” *Journal of Veterinary Internal Medicine,* vol. 37, no. 4, pp. 1507-1513, 2023.

[8] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, “Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador,” *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[9] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, “La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico,” *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[10] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, “Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación,” *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[11] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, "Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference)," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

[12] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[13] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[14] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[15] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, "Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.

[16] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[17] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[18] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[19] G. Habacher, R. Malik, P. J. Lait, L. M. Coghill, R. P. Middleton, W. C. Warren, and L. A. Lyons, "Feline precision medicine using whole-exome sequencing identifies a novel frameshift mutation for vitamin D-dependent rickets type 2," *Journal of Feline Medicine and Surgery,* vol. 25, no. 6, pp. 1098612X231165630, 2023.

[20] I. C. Fahrenholz, M. M. Dennis, F. Morandi, K. E. Dittmer, and J. D. Sheldon, "Debilitating Musculoskeletal Disease in Two Free-Ranging Juvenile American Black Bears (Ursus americanus)," *Animals,* vol. 14, no. 14, pp. 2088, 2024.

[21] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[22] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[23] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[24] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[25] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[26] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[27] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 20, 2025. Aceptado: marzo 10, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico multicriterio para la evaluación del impacto de la mastitis bovina en la producción y calidad de la leche

Neutrosophic multicriteria method for the evaluation of the impact of bovine mastitis on milk production and quality

Dayana Lizbeth Arequipa Vilca [1], Joseline Mishell Cuji Suqui [2], Paola Estefanía Guamán Cargua[3], and Raúl González Salas [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. dayanaav51@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. joselinecs37@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. aa.paolaegc42@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.raulgonzalez@uniandes.edu.ec

Resumen. La mastitis bovina es una enfermedad global que causa importantes pérdidas económicas en las explotaciones lecheras, afectando tanto a granjas pequeñas, medianas como grandes. Esta afección es provocada por una variedad de cepas bacterianas, siendo *S. aureus* el patógeno infeccioso más comúnmente aislado en casos de mastitis subclínica y crónica. Además de las repercusiones económicas, la mastitis también genera problemas de bienestar animal y representa un riesgo para la seguridad alimentaria. Con el fin de evaluar de manera integral el impacto de esta enfermedad, el objetivo propuesto en esta investigación es desarrollar un método neutrosófico multicriterio para la evaluación del impacto de la mastitis bovina en la producción y calidad de la leche. Este método permitirá analizar y ponderar los diferentes factores relacionados con la clínica, patología y tratamiento de la mastitis bovina. La implementación de este enfoque facilitará la identificación de las variables más significativas y su interrelación, proporcionando así una herramienta eficaz para la toma de decisiones en la gestión de la salud bovina y la optimización de la producción láctea. En consecuencia, la investigación no solo contribuirá a una mejor comprensión del problema de la mastitis en la industria láctea, sino que también permitirá desarrollar estrategias más efectivas para mitigar su impacto.

Palabras Claves: Método Neutrosófico Multicriterio, mastitis bovina, diagnóstico clínico, calidad de la leche.

Abstract. Bovine mastitis is a global disease that causes significant economic losses in dairy farms, affecting both small, medium and large farms. This disease is caused by a variety of bacterial strains, with S. aureus being the most commonly isolated infectious pathogen in cases of subclinical and chronic mastitis. In addition to the economic repercussions, mastitis also generates animal welfare problems and represents a risk to food safety. In order to comprehensively assess the impact of this disease, the objective proposed in this research is to develop a multicriteria neutrosophic method for the evaluation of the impact of bovine mastitis on milk production and quality. This method will allow to analyse and weigh the different factors related to the clinic, pathology and treatment of bovine mastitis. The implementation of this approach will facilitate the identification of the most significant variables and their interrelation, thus providing an effective tool for decision-making in the management of bovine health and the optimisation of dairy production. Consequently, the research will not only contribute to a better understanding of the mastitis problem in the dairy industry, but will also allow for the development of more effective strategies to mitigate its impact.

Keywords: Multicriteria Neutrosophic Method, bovine mastitis, clinical diagnosis, milk quality

1 Introducción

Los productos lácteos, especialmente la leche, se encuentran entre las fuentes de alimentos más esenciales para la mayor parte de la población mundial. La creciente demanda mundial de productos lácteos está impulsando la

necesidad de aumentar la producción media de leche por vaca. Los aumentos en la producción de leche han sido resultado de la selección genética, así como de una mejor nutrición y manejo de las vacas. Uno de los mayores problemas que afectan a la alta producción de leche es la mala salud de las ubres, en particular debido a la mastitis [1].

La mastitis, que se manifiesta como una inflamación de la glándula mamaria, es actualmente una de las enfermedades más extendidas que afectan al ganado lechero. Aproximadamente entre el 60 y el 70% de todos los antimicrobianos administrados en las granjas lecheras son para prevenir y tratar la mastitis [2]. La salud pública está potencialmente en riesgo porque la mastitis puede transmitir zoonosis y enfermedades asociadas a toxinas alimentarias. Por esta razón, no se recomienda el consumo directo de leche cruda debido a la alta probabilidad de contaminación con microorganismos de la vaca, el pasto, la máquina de ordeño y los contenedores. Por lo tanto, la pasteurización de la leche es obligatoria para garantizar su seguridad y prolongar su vida útil [3].

Según Krishnamoorthy et al [4] La mastitis se puede clasificar en tres tipos, a saber, mastitis subclínica, clínica y crónica, y depende de los organismos causantes, la raza, la edad, la inmunidad y la etapa de lactancia del animal. La mastitis subclínica (SCM) causa una pérdida importante en la producción de leche debido a la ausencia de cambios visibles en la leche y la dificultad de detección. La mastitis clínica (CM), caracterizada por hinchazón de la ubre, leche que contiene escamas, coágulos y leche acuosa, se observa macroscópicamente. La mastitis crónica es una forma rara pero conduce a una inflamación persistente de la glándula mamaria en animales lecheros.

La mastitis es la enfermedad infecciosa más frecuente en el ganado lechero, con pérdidas económicas mundiales estimadas en más de 40 mil millones de dólares por año. La salud de la ubre es de suma importancia para la producción lechera sustentable. Esta enfermedad de producción se considera una patología importante de las vacas lecheras que da como resultado una reducción de la producción de leche, pérdida de calidad y cantidad de leche, pérdidas debido a la leche descartada, sacrificio prematuro, costos de tratamiento por el uso de antimicrobianos en la granja y costo adicional de mano de obra [5,26].

El diagnóstico de mastitis subclínica en vacas lecheras, así como la detección temprana de mastitis clínicamente expresadas que inducen cambios macroscópicos en la secreción de leche, es un componente esencial de cualquier programa establecido para mejorar los parámetros de salud de una granja lechera. Este objetivo es de enorme interés económico, tanto para los ganaderos como para los fabricantes, dado que una gran cantidad de células somáticas en la leche y la presencia de bacterias tienen una influencia negativa grave en la producción y calidad de la leche [6].

En cuanto al diagnóstico de la mastitis la principal barrera para la adopción de nuevas herramientas es el desafío relacionado con su implementación sin interrumpir el flujo tecnológico en rebaños grandes y medianos. El desafío aún más significativo es su incorporación al flujo técnico de las granjas intensivas de estabulación libre. Es por esto que, a pesar de sus ventajas, el uso de pruebas "al lado de la vaca" ha disminuido en la práctica a medida que la ganadería lechera intensiva ha progresado [7]. En el contexto de la ganadería lechera intensiva, el método tradicional de ordeño manual se ha eliminado en su mayor parte en favor del ordeño automatizado o a máquina. Posteriormente, se desarrollaron técnicas de detección automática para mastitis bovina basadas en biosensores y que emplean tecnología de detección apropiada, como el monitoreo en línea del recuento de células somáticas (ISCC) junto con la conductividad eléctrica (CE) de la leche basada en cuartos, para la evaluación de la salud de la ubre y la detección temprana de mastitis en granjas de gran escala [8,27].

Dado que el vínculo entre la salud y el bienestar animal y la seguridad alimentaria está bien documentado, uno de los principales objetivos de la nueva Política Agrícola Común (PAC), es mejorar la respuesta de la agricultura de la Unión Europea (UE) a las necesidades alimentarias y sanitarias de la sociedad. Esto incluye proporcionar productos animales seguros y nutritivos producidos de forma sostenible, con estándares más elevados de bienestar animal [9]. Por lo tanto, el uso de herramientas no invasivas para controlar la salud de las ubres y la prevención de la mastitis bovina puede permitir la transición a un modelo de granja con bajo uso de antibióticos con animales más sanos y productos lácteos más seguros [10].

Con el fin de evaluar de manera integral el impacto de esta enfermedad, el objetivo propuesto en esta investigación es desarrollar un método neutrosófico multicriterio para la evaluación del impacto de la mastitis bovina en la producción y calidad de la leche.

2 Método neutrosófico multicriterio para la evaluación del impacto de la mastitis bovina en la producción y calidad de la leche

El sistema propuesto está estructurado para analizar los factores asociados a la mastitis bovina que influyen en la producción y calidad de la leche. Basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio multiexperto que permite evaluar el impacto de esta enfermedad en el proceso productivo. Utiliza en su inferencia modelos causales como forma de representar el conocimiento a partir de la técnica de inteligencia artificial Mapa Cognitivo Neutrosófico [11, 12]. El método está diseñado mediante una arquitectura en tres capas para modelar el contexto analizado: entradas, procesamiento y salidas.

- Entrada de la información: representan el conjunto de vacas lecheras a analizar, los síntomas, manifestaciones asociadas a la enfermedad, las relaciones causales que poseen los síntomas, y los expertos que

intervienen en el sistema para establecer las relaciones causales.

- Procesamiento de la información: se realiza mediante el flujo de trabajo que conforman las cinco actividades del núcleo de inferencia para la evaluación del impacto de la mastitis bovina en la producción y calidad de la leche.
- Salida de la información: representan los resultados del procesamiento donde se obtiene la evaluación del impacto.

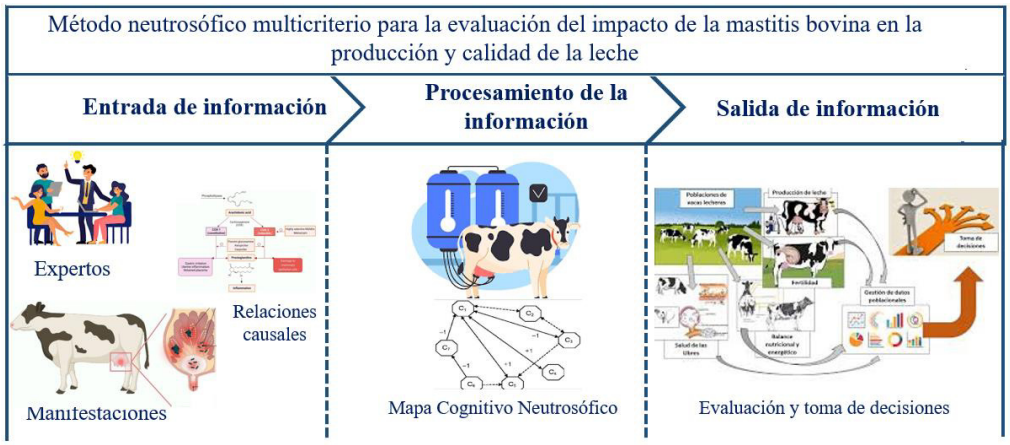


Figura 1. Estructura general del método neutrosófico multicriterio para la evaluación del impacto de la mastitis bovina en la producción y calidad de la leche.

El método para la evaluación del impacto de la mastitis bovina en la producción y calidad de la leche, está conformado por cinco actividades descritas a continuación:

Actividad 1 identificación de las manifestaciones: La identificación de las manifestaciones representa la actividad en la que se determinan el conjunto general de criterios clínicos, epidemiológicos y de producción, que representan la base de inferencia. Se utiliza un enfoque multicriterio para analizar la base de casos, por lo que se identifican la mayor cantidad de manifestaciones posibles.

Actividad 2 determinación de las relaciones causales: La determinación de las relaciones causales utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Garantiza la representación del conocimiento causal de las manifestaciones. La actividad consiste en extraer el conocimiento que poseen los expertos sobre los síntomas y consecuencias que se manifiestan relacionados a la mastitis bovina. Las relaciones causales son expresadas mediante un dominio de valores que expresan relaciones de implicación directas o inversas para lo cual se utiliza la escala tal como muestra la Tabla1. Esta actividad es muy importante ya que el conocimiento que poseen los expertos sobre los síntomas no está registrado en la base de casos analizada.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Durante la determinación de las relaciones causales se realiza un proceso de agregación donde se obtiene un arreglo denominado matriz de adyacencia que representa los valores asignados a los arcos [13, 14] de modo que:

$$M = \begin{bmatrix} \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & W_{ij} & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \end{bmatrix}$$

La matriz de adyacencia $M = M(C_i C_j)$ representa el valor causal de la función del arco, el nodo C_i que es imparte C_j. C_i incrementa causalmente a C_j si $M_{ij} = -1$, y no imparte caulsalmente sí $M_{ij} = 0$.

Actividad 3 identificación de los pesos atribuidos a las manifestaciones: a partir de la obtención de la matriz de adyacencia, los valores agregados emitidos por los expertos son agrupados; se conforman las relaciones con los pesos de los nodos, a través del cual es generado el Mapa Cognitivo Neutrosófico resultante [15,28]. Mediante un análisis estático del resultado de los valores obtenidos en la matriz de adyacencia se puede calcular el grado de salida utilizándose la ecuación (1) donde se obtienen los pesos atribuidos a cada manifestación [16-18].

$$id_i = \sum_{i=1}^{n} \left\| I_{ji} \right\| \quad (1)$$

Actividad 4 identificación de las incidencias: la identificación de las incidencias es la actividad que consiste en determinar cuáles síntomas están presentes en las vacas lecheras analizadas. Para ello se entrevista a los especialistas a cargo del proceso de producción y se determina la incidencia de los factores de riesgo y aspectos de calidad presentados. La Tabla 2 muestra el dominio de valores con sus etiquetas lingüísticas utilizados para expresar las preferencias sobre los síntomas.

Tabla 2: Dominio de valores para expresar preferencias.

Valor	Impacto
[0,1,1]	Ausencia del síntoma (AS)
[0.20,0.85,0.80]	Ligera presencia del síntoma (LP)
[0.50,0.50,0.50]	Baja presencia del síntoma (BP)
[0.70,0.25,0.30]	Presencia del síntoma (PS)
[1,0,0]	Alta presencia del síntoma (AP)

Actividad 5 generación de la evaluación: el proceso de evaluación se basa en la simulación del escenario propuesto por Glykas [19] los nuevos valores de los conceptos expresan la influencia de los conceptos interconectados al concepto específico y se calculan mediante la ecuación (2):

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1; j\neq i}^{n} A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \quad (2)$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji}: es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y f (x) es la función de activación [20].

3. Implementación del método para la evaluación del impacto de la mastitis bovina en la producción y calidad de la leche

La presente sección describe la implementación del Método neutrosófico multicriterio para la evaluación del impacto de la mastitis bovina en la producción y calidad de la leche. La implementación del método se lleva a cabo a través de una serie de actividades estructuradas. La primera actividad se centra en la identificación de las manifestaciones, donde se determina un conjunto integral de criterios clínicos, epidemiológicos y de calidad de la producción que servirán como base para la inferencia. Utilizando un enfoque multicriterio, se analizan los casos para identificar la mayor cantidad posible de manifestaciones relacionadas con la mastitis.

La segunda actividad consiste en la determinación de las relaciones causales mediante un enfoque multicriterio multiexperto, asegurando que se represente el conocimiento causal de estas manifestaciones. En esta fase, se extrae el conocimiento de especialistas sobre los síntomas y efectos de la mastitis en la producción y calidad de la leche, expresando las relaciones causales a través de un dominio de valores basado en una escala adecuada. [29]

La tercera actividad implica la identificación de los pesos atribuidos a las manifestaciones, donde se utilizan los valores obtenidos en la matriz de adyacencia para generar un Mapa Cognitivo Neutrosófico, lo que permite

calcular el grado de salida para cada manifestación. A continuación, en la actividad cuatro, se identifican las incidencias al determinar los signos presentes en los animales analizados, para lo cual se realizan inspecciones que evalúan factores de riesgo y aspectos clínicos. La actividad cinco se enfoca en la generación de la evaluación, utilizando la simulación de escenarios propuestos para calcular nuevos valores que reflejan la influencia de conceptos interconectados, permitiendo una evaluación más precisa del impacto de la mastitis bovina en la producción y calidad de la leche. La implementación de este método se realizará mediante un estudio de caso, tal como se muestra a continuación:

Actividad 1 identificación de las manifestaciones:

La identificación de la mastitis bovina es crucial para garantizar la salud de la ubre y mantener la calidad de la leche. Las manifestaciones de esta enfermedad pueden clasificarse en signos clínicos y biomarcadores. La prueba de mastitis de California (CMT) y pruebas similares son herramientas comunes en granjas para evaluar la salud de la ubre, aunque su interpretación puede ser subjetiva, ofreciendo resultados menos confiables que el conteo de células somáticas. Sin embargo, su eficiencia radica en su rapidez, costo accesible y accesibilidad para los ganaderos. Por otro lado, el examen de diversos biomarcadores en la leche, como enzimas indicadoras de daño tisular, ofrece información valiosa sobre la presencia de infección. La actividad de la N-acetil-β-d-glucosaminidasa (NAGasa) y la lactato deshidrogenasa (LDH) son ejemplos de ensayos que pueden indicar no solo la mastitis clínica sino también la subclínica. Tras una infección intramamaria, se produce un aumento de inmunoglobulina G (IgG) en la leche, y tanto la LDH como la albúmina sérica (SA) pueden atravesar la barrera sangre-leche, sirviendo como indicadores útiles para predecir la infección en la ubre.

Los síntomas de las infecciones por *coliformes* incluyen leche anormal, hinchazón de las ubres, leche acuosa y pérdida de apetito. Los patógenos menores o comensales son microorganismos que colonizan la glándula mamaria, como *Corynebacterium bovis* o *Staphylococci coagulasa*-negativos (CNS). Las bacterias que son residentes comunes del canal del pezón y pueden identificarse a partir de muestras de leche, pero que tienen una importancia clínica limitada y rara vez inducen inflamación, se clasifican como patógenos menores. Las infecciones menores producen un aumento menor en el recuento de células somáticas promedio de la leche. Los casos clínicos son causados con frecuencia por microorganismos que se encuentran en el medio ambiente [21,30]. Para determinar las manifestaciones en este estudio se utilizó el criterio de experto llegando a las siguientes conclusiones propuestas en la tabla 3.

Tabla 3: Identificación de las manifestaciones.

Nodo	Manifestación	Descripción
C_1	Cambios en la apariencia física de la leche	La leche afectada por mastitis puede presentar un cambio en su color, consistencia y presencia de grumos o flujos anormales. Estos cambios son indicativos de un proceso inflamatorio en la ubre y afectan la aceptabilidad de la leche en el mercado.
C_2	Aumento en el conteo de células somáticas (CCS)	La mastitis se asocia con un aumento del conteo de células somáticas, que indica la respuesta inmunológica del animal ante la infección. Un alto CCS no solo señala la presencia de infección, sino que también puede alterar la calidad del producto, haciéndolo menos apto para la venta y el procesamiento.
C_3	Alteraciones en los niveles de los componentes de la leche	La presencia de mastitis puede modificar los niveles de proteínas, grasas y lactosa en la leche. Por ejemplo, puede haber una disminución de la lactosa y alteraciones en la composición de proteínas. Esto no solo afecta la calidad nutricional de la leche, sino que también puede influir en el rendimiento durante la producción de lácteos.
C_4	Elevación de biomarcadores específicos en la leche	La detección de biomarcadores como LDH y NAGasa se eleva durante infecciones intramamarias. La IgG también tiende a aumentar como parte de la respuesta inmune. Estos biomarcadores son útiles para el diagnóstico y pueden ayudar a los ganaderos a tomar decisiones informadas sobre el manejo y tratamiento de la mastitis.
C_5	Rendimiento lechero disminuido	Los animales afectados por mastitis tienden a mostrar una reducción significativa en su producción de leche, especialmente en casos severos. Esto se traduce en pérdidas económicas para el ganadero, ya que menos leche significa menos ingresos, además de potenciales costos adicionales en tratamientos y manejo de las infecciones.

Actividad 2 determinación de las relaciones causales:

La determinación de las relaciones causales entre las manifestaciones se utiliza en la escala propuesta en la Tabla 1, donde participaron 5 expertos, se obtuvieron los 5 Mapas Cognitivos Neutrosóficos agregando las respuestas en un único resultado. La Tabla 4 muestra la matriz de adyacencia obtenida como resultado del proceso.

Tabla 4: Matriz de adyacencia resultante.

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	[0, 0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C_2	[1,0,0]	[0, 0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]
C_3	[1,0,0]	[1,0,0]	[0, 0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]	[1,0,0]
C_5	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]

Actividad 3 identificación de los pesos atribuidos a las manifestaciones:

Para la identificación de los pesos se tiene en cuenta la base de conocimiento almacenada en la matriz de adyacencia de la Tabla 4, aplicando la función (1), se obtiene el comportamiento del peso atribuido a las manifestaciones. La Tabla 5 muestra los pesos resultantes.

Tabla 5: Peso atribuido a las manifestaciones.

Criterios	Manifestaciones	Peso
C_1	Cambios en la apariencia física de la leche	[0.86,0,15,0.20]
C_2	Aumento en el conteo de células somáticas (CCS)	[0.84,0,15,0.20]
C_3	Alteraciones en los niveles de los componentes de la leche	[0.9, 0.1, 0.1]
C_4	Elevación de biomarcadores específicos en la leche	[0.8,0,15,0.20]
C_5	Rendimiento lechero disminuido	[0.82,0,15,0.20]

Actividad 4 identificaciones de las incidencias:

A partir de la entrevista a los especialistas encargados del cuidado bovino se determinó el grado de preferencia que poseen las manifestaciones mediante la autovaloración emitida. El estudio fue realizado en una alternativa que representa el bovino objeto de estudio. La Tabla 6 muestra los valores resultantes.

Tabla 6: Preferencia atribuida a las manifestaciones del bovino objeto de estudio.

Alternativa	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.75, 0.5,0.25]	[1,0,0]

Actividad 5 generación de la evaluación:

A partir del proceso de simulación de escenario, se obtuvieron las predicciones de los comportamientos en el tiempo de los casos de vaca lechera con mastitis mediante el empleo de la ecuación (2). La predicción modela las relaciones de causalidad de los síntomas y prevé la evolución de ellos en los animales. La Figura 2 muestra el resultado de la simulación donde se muestran las manifestaciones y su evolución.

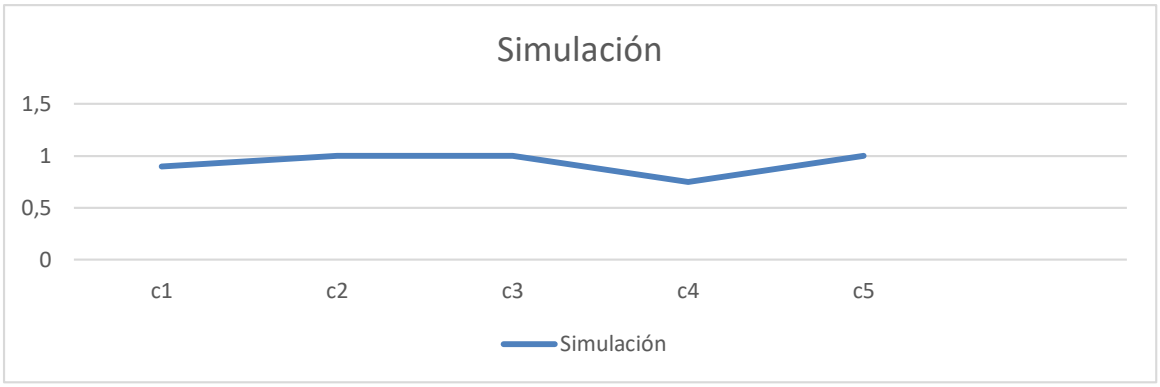


Figura 2: Resultado de la simulación de las manifestaciones para el bovino que representa la alternativa A_1.

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas y el desarrollo de las manifestaciones se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia de la enfermedad. La Tabla 7 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 7: Peso atribuido a las manifestaciones.

Alternativa A_1	Pesos	Preferencias	Agregación
C_1	[0.86,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.88,0,15,0.20]
C_2	[0.84,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.92, 0.1, 0.1]
C_3	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.93, 0.1, 0.1]
C_4	[0.8,0,15,0.20]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.79, 0.5,0.25]
C_5	[0.82,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.90, 0.1, 0.1]
Índice			[0.88,0,15,0.20]

A partir del índice determinado se realiza una comparación del valor donde el I= 0.88, para el caso analizado representa un alto impacto de la mastitis bovina en la producción y en la afectación de la calidad de la leche.

4 Resultados y discusión

La mastitis es causada por una variedad de cepas bacterianas, pero también se han documentado en la literatura casos de mastitis viral, algal y fúngica. Los organismos bacterianos más importantes que causan mastitis son Staphylococcus aureus, *S. agalactiae, S. zooepidemicus, S. faecalis, S. pyogenes, Klebsiella spp, Mycobacterium bovis, E. coli, Brucella abortus, Pseudomonas pyocyaneus, Leptospira pomona, Pasteurella multocida*. Entre estos, S. aureus es el patógeno infeccioso más comúnmente aislado en la mastitis bovina subclínica y crónica en todo el mundo. Los organismos fúngicos responsables de la mastitis son T*richosporon spp, Aspergillus fumigatus, A. modulus, Candida spp* [10].

Identificar el agente patógeno que causa la mastitis bovina es un paso primordial para el manejo exitoso de la mastitis bovina porque permite a los veterinarios reducir el riesgo de desarrollar infecciones crónicas y planificar en consecuencia el tratamiento antibiótico que se les proporcionará a los animales. Por esta razón, los investigadores han orientado su atención al desarrollo de herramientas de diagnóstico rápidas y fáciles de usar para la detección molecular, basadas en nanotecnología o microfluídica, que se puedan usar y ofrezcan un resultado preciso en un período de tiempo muy corto sin que la muestra de leche requiera un procesamiento complejo.

Los patógenos más comunes encontrados en la mastitis podrían identificarse en la glándula mamaria o en el medio ambiente, incluidos los excrementos, la superficie del suelo, las infecciones infecciosas y ambientales son las causas más comunes de mastitis. *S. aureus* y *S. agalactiae* son los patógenos infecciosos más prevalentes. Durante el proceso de ordeño, se transmiten de ubres infectadas a limpias a través de las manos contaminadas del ordeñador y las toallas de tela utilizadas para lavar o secar las ubres de muchos animales, así como las moscas. *Streptococcus* es la bacteria que se encuentra con mayor frecuencia en las infecciones ambientales (*S. uberis, S. dysgalactiae*) y coliformes como *E. coli* y *Klebsiella*. Entre el ordeño, se considera que se transmiten infecciones ambientales. Las infecciones por coliformes a menudo están relacionadas con un entorno sucio, mientras que *Klebsiella* se puede encontrar en aserrín que contiene corteza o tierra [22,31].

Cuando se descubre una mastitis, se requiere un tratamiento inmediato; la terapia debe estar dirigida a la bacteria causante o iniciarse según la información del rebaño o la experiencia personal. También es importante determinar si se requiere terapia o no, teniendo en cuenta los criterios de selección de la vaca. En cualquier causa de mastitis, se requieren primeros auxilios, que incluyen la aplicación de cubitos de hielo en la superficie de la ubre. La leche infectada de los pezones infestados debe drenarse tres veces al día y desecharse adecuadamente [23].

Para garantizar la eliminación sanitaria, se puede agregar una solución de fenol al 5% a la leche contaminada. Los terneros deben evitar la succión de pezones enfermos. Al ordeñar el rebaño, asegúrese de ordeñar primero las vacas sanas y no infectadas, luego las vacas infectadas. Se debe consultar a un veterinario conocido antes de la terapia. La terapia más común para los tipos leves y moderados de mastitis son los tubos intramamarios con antibióticos, que generalmente se administran sin saber el tipo de bacteria que está causando la enfermedad [24].

Los antimicrobianos β -lactámicos, en particular la penicilina G, son la primera opción para el tratamiento de la mastitis causada por estreptococos y estafilococos sensibles a la penicilina. Se recomienda el tratamiento sistémico, idealmente en combinación con el tratamiento intramuscular, en la mastitis clínica causada por S. aureus y en casos graves de mastitis por coliformes. La resistencia a los antimicrobianos es un problema importante y la selección de antibióticos debería basarse en los resultados de los cultivos y las pruebas de sensibilidad, en lugar de en una terapia empírica. Además, produce residuos de antibióticos en la leche, que pueden ser muy perjudiciales para la salud de los consumidores [25,32].

5 Conclusión

La investigación ha evidenciado que la mastitis continua siendo una de las enfermedades más prevalentes en las vacas lecheras, generando efectos adversos significativos tanto en el bienestar animal como en la economía de

las explotaciones. Esta condición es una de las principales razones del uso de antimicrobianos en la industria lechera, lo que ha llevado a la implementación de regulaciones a nivel nacional e internacional para mitigar el uso excesivo de antibióticos, en respuesta a la creciente preocupación por la resistencia a estos agentes. En este contexto, se ha demostrado la utilidad del método neutrosófico implementado, que permite evaluar de manera precisa el impacto de la mastitis bovina en la producción y calidad de la leche. Los resultados de la evaluación indicaron un alto impacto, lo que destaca la necesidad de tratamiento de las infecciones intramamarias (IMI). Este enfoque enfatiza que no todas las IMI requieren tratamiento antibiótico y que las decisiones terapéuticas deben fundamentarse en los resultados de cultivos y pruebas de sensibilidad, en lugar de seguir una práctica empírica. Además, el éxito del tratamiento está condicionado por múltiples factores, incluyendo el agente causal, la paridad de la vaca, la etapa de lactancia, la presencia de otras enfermedades sistémicas y las alteraciones en el parénquima mamario. Por lo tanto, es crucial que el manejo de la mastitis sea supervisado de manera constante por un veterinario, garantizando un enfoque integral que favorezca la salud del ganado y la sostenibilidad de la producción lechera.

Referencias

[1] D. Sánchez-Macías, L. E. Hernández-Castellano, A. Morales-delaNuez, B. Herrera-Chávez, A. Argüello, and N. Castro, "Somatic cells: A potential tool to accelerate low-fat goat cheese ripening," *International Dairy Journal,* vol. 102, pp. 104598, 2020.

[2] M. Stevens, S. Piepers, and S. De Vliegher, "Mastitis prevention and control practices and mastitis treatment strategies associated with the consumption of (critically important) antimicrobials on dairy herds in Flanders, Belgium," *Journal of Dairy Science,* vol. 99, no. 4, pp. 2896-2903, 2016.

[3] P. Bórawski, A. Pawlewicz, A. Parzonko, J. Harper, K, and L. Holden, "Factors shaping cow's milk production in the EU," *Sustainability,* vol. 12, no. 1, pp. 420, 2020.

[4] P. Krishnamoorthy, A. L. Goudar, K. P. Suresh, and P. Roy, "Global and countrywide prevalence of subclinical and clinical mastitis in dairy cattle and buffaloes by systematic review and meta-analysis," *Research in veterinary science,* vol. 136, pp. 561-586, 2021.

[5] A. S. Neculai-Valeanu, A. M. Ariton, B. M. Mădescu, C. M. Rîmbu, and Ş. Creangă, "Nanomaterials and essential oils as candidates for developing novel treatment options for bovine mastitis," *Animals,* vol. 11, no. 6, pp. 1625, 2021.

[6] S. Chakraborty, K. Dhama, R. Tiwari, M. Iqbal Yatoo, S. K. Khurana, R. Khandia, A. Munjal, P. Munuswamy, M. A. Kumar, and M. Singh, "Technological interventions and advances in the diagnosis of intramammary infections in animals with emphasis on bovine population—a review," *Veterinary Quarterly,* vol. 39, no. 1, pp. 76-94, 2019.

[7] K. Sharun, K. Dhama, R. Tiwari, M. B. Gugjoo, M. Iqbal Yatoo, S. K. Patel, M. Pathak, K. Karthik, S. K. Khurana, and R. Singh, "Advances in therapeutic and managemental approaches of bovine mastitis: a comprehensive review," *Veterinary Quarterly,* vol. 41, no. 1, pp. 107-136, 2021.

[8] S. Paudyal, P. Melendez, D. Manriquez, A. Velasquez-Munoz, G. Pena, I. Roman-Muniz, and P. Pinedo, "Use of milk electrical conductivity for the differentiation of mastitis causing pathogens in Holstein cows," *Animal,* vol. 14, no. 3, pp. 588-596, 2020.

[9] J. R. Barrett, G. K. Innes, K. A. Johnson, G. Lhermie, R. Ivanek, A. Greiner Safi, and D. Lansing, "Consumer perceptions of antimicrobial use in animal husbandry: A scoping review," *PLoS one,* vol. 16, no. 12, pp. e0261010, 2021.

[10] R. Paramasivam, D. R. Gopal, R. Dhandapani, R. Subbarayalu, M. P. Elangovan, B. Prabhu, V. Veerappan, A. Nandheeswaran, S. Paramasivam, and S. Muthupandian, "Is AMR in dairy products a threat to human health? An updated review on the origin, prevention, treatment, and economic impacts of subclinical mastitis," *Infection and Drug Resistance*, pp. 155-178, 2023.

[11] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[12] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[13] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[14] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[15] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[16] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[17] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[18] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[19] Author ed.^eds., "Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications," *Secaucus, NJ, USA*: Springer Verlag, 2010, p.^pp. Pages.

[20] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.

[21] R. Rossi, A. Amarante, L. Correia, S. Guerra, D. Nobrega, G. Latosinski, B. Rossi, V. Rall, and J. Pantoja, "Diagnostic accuracy of Somaticell, California Mastitis Test, and microbiological examination of composite milk to detect Streptococcus agalactiae intramammary infections," *Journal of Dairy Science,* vol. 101, no. 11, pp. 10220-10229, 2018.

[22] A. Ashraf, and M. Imran, "Causes, types, etiological agents, prevalence, diagnosis, treatment, prevention, effects on human health and future aspects of bovine mastitis," *Animal health research reviews,* vol. 21, no. 1, pp. 36-49, 2020.

[23] M. S. Kamel, and N. M. Bakry, "Clinical and subclinical mastitis," *The Microbiology, Pathogenesis and Zoonosis of Milk Borne Diseases*, pp. 153-190: Elsevier, 2024.

[24] N. H. Youssif, N. M. Hafiz, M. A. Halawa, and M. Saad, "Potential risk of antimicrobial resistance related to less common bacteria causing subclinical mastitis in cows," *Journal of Advanced Veterinary Research,* vol. 13, no. 2, pp. 222-229, 2023.

[25] H. Barkema, Y. Schukken, and R. Zadoks, "Invited review: The role of cow, pathogen, and treatment regimen in the therapeutic success of bovine Staphylococcus aureus mastitis," *Journal of dairy science,* vol. 89, no. 6, pp. 1877-1895, 2006.

[26] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[27] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[28] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[29] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[30] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[31] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[32] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 20, 2025. Aceptado: marzo 10, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para la evaluación del impacto de la rabia bovina en la ganadería

Neutrosophic method for the evaluation of the impact of bovine rabies on livestock production

Marco Paul Medina Valencia [1], Melina Geraldin Flores Castro[2], Jolena Verónica Vinueza Lara[3], and Álvaro Francisco Sánchez Cedeño[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. marcomv68@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. melinafc18@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. jolenavl64@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.alvarosc29@uniandes.edu.ec

Resumen. La rabia, un virus zoonótico altamente relevante, se caracteriza por su rápida propagación a nivel mundial y su capacidad para infectar diversas especies. Esta enfermedad afecta el sistema nervioso central y representa un gran riesgo para los humanos, lo que hace crucial su erradicación inmediata. En el sector bovino, la rabia plantea desafíos significativos en términos de salud y economía. La transmisión a través de mordeduras de murciélagos agrava su impacto, generando brotes en varias provincias de Ecuador. Investigaciones cualitativas han resaltado la importancia de la información preventiva y la vacunación del ganado. En este contexto, se desarrollará una investigación cuyo objetivo es implementar un Método Neutrosófico para la evaluación del impacto de la rabia bovina en la ganadería. Este enfoque permitirá analizar la situación actual e incorporará la incertidumbre en la toma de decisiones. La educación de ganaderos y la población sobre los riesgos de la rabia bovina es fundamental, así como implementar esquemas de vacunación y establecer programas de vigilancia epidemiológica eficaces. La colaboración entre autoridades sanitarias y actores del sector ganadero será clave para desarrollar estrategias integrales de control, incluyendo políticas de vacunación obligatoria y mejoras en la infraestructura de salud animal, garantizando así la sostenibilidad del sector y la reducción del riesgo de contagio.

Palabras Claves: números neutrosófico, rabia, bovinos, zoonótico, virus, sexo.

Abstract. Rabies, a highly relevant zoonotic virus, is characterized by its rapid global spread and its ability to infect various species. This disease affects the central nervous system and represents a great risk to humans, making its immediate eradication crucial. In the bovine sector, rabies poses significant challenges in terms of health and economy. Transmission through bat bites aggravates its impact, generating outbreaks in several provinces of Ecuador. Qualitative research has highlighted the importance of preventive information and cattle vaccination. In this context, research will be developed with the objective of implementing a Neutrosophic Method for the evaluation of the impact of bovine rabies on livestock. This approach will allow the current situation to be analyzed and will incorporate uncertainty into decision-making. Educating cattle farmers and the population about the risks of bovine rabies is essential, as well as implementing vaccination schemes and establishing effective epidemiological surveillance programs. Collaboration between health authorities and stakeholders in the livestock sector will be key to developing comprehensive control strategies, including mandatory vaccination policies and improvements in animal health infrastructure, thus ensuring the sustainability of the sector and reducing the risk of contagion.

Keywords: neutrosophic numbers, rabies, bovine, zoonotic, virus, sex

1 Introducción

La rabia es una enfermedad de carácter zoonótico causada por un virus perteneciente al género Lyssavirus, se trata de una enfermedad aguda de consecuencias fatales para los animales que la poseen, esta tiende a atacar principalmente el sistema nervioso central, también existen cambios muy notorios en el comportamiento del ganado, presentan excitabilidad nerviosa y hay predominio de signos paralíticos de la enfermedad [1].

La rabia dependiendo el ecosistema en el que genere su afección, varia la transmisión, en animales urbanos como los caninos domésticos la rabia es transmitida por mordeduras, en cambio en animales silvestres la rabia es

transmitida por medio de las picaduras de animales portadores, en el caso de la rabia bovina es producida por la mordedura de murciélagos hematófagos de la especie *Desmodus rotundus*, este vector actúa como portador asintomático, su saliva puede excretar el virus hasta en un periodo de cinco meses. Este murciélago se alimenta únicamente de la sangre de los animales domésticos como salvajes [2]

En américa latina y específicamente en Ecuador, la rabia en bovinos genera pérdidas económicas considerables debido a la muerte de los animales infectados, además se registra una disminución de la producción de leche, carne, mal desarrollo y anemias, en la última década en nuestro país se ha desarrollado un aumento de brotes de la rabia en bovinos, siendo alarmante para el sector ganadero, alrededor de 12 provincias han generado reportes [1].

En el Ecuador la entidad gubernamental a cargo de la regulación, control y prevención de enfermedades zoonóticas es Agrocalidad, cuando existe un reporte de casos, los animales son aislados y se hacen las pruebas respectivas. La prueba más utilizada es la prueba de inmunofluorescencia directa, se añade una gota de inmunoglobulina purificada, previamente mezclada con isotiocianato de fluoresceína a un frotis de tejido cerebral fijado con acetona [3,28].

Esta enfermedad es fatal por lo que no se recupera el estado de salud de los animales, por esta razón el ganado debe ser vacunado entre los 3 y 6 primeros meses de vida y luego a los 30 días [4]. Posteriormente la vacuna es anual. En el caso de reporte de brotes de rabia, los animales sanos de la misma producción y las granjas aledañas deberán ser vacunadas, cada cierto periodo de tiempo en Ecuador, Agrocalidad tiene campañas de vacunación contra la rabia bovina e las diferentes provincias del país. Los ganaderos pueden obtener la vacuna gratuitamente.

El período de incubación puede ser prolongado, lo que dificulta la detección temprana. El diagnóstico de la rabia en bovinos se basa en la observación clínica, pruebas de laboratorio y la identificación del virus en tejidos cerebrales [5]. El tratamiento es ineficaz una vez que aparecen los síntomas, por lo que la prevención es fundamental. La vacunación de los animales y la vigilancia epidemiológica son estrategias clave para controlar la enfermedad [6,29]. En este contexto, el objetivo del presente artículo es implementar un método neutrosófico para la evaluación del impacto de la rabia bovina en la ganadería.

2 Diseño del método para la evaluación del impacto de la rabia bovina en la ganadería

La presente sección realiza una descripción del método propuesto. Se detallan las diferentes actividades que garantizan la inferencia de la etapa procesamiento. Las actividades están computadas por: identificar los criterios evaluativos, determinar las relaciones causales, obtener el MCN resultante de las relaciones causales, inferencia del proceso. La Figura 1 muestra el flujo de la etapa de procesamiento.

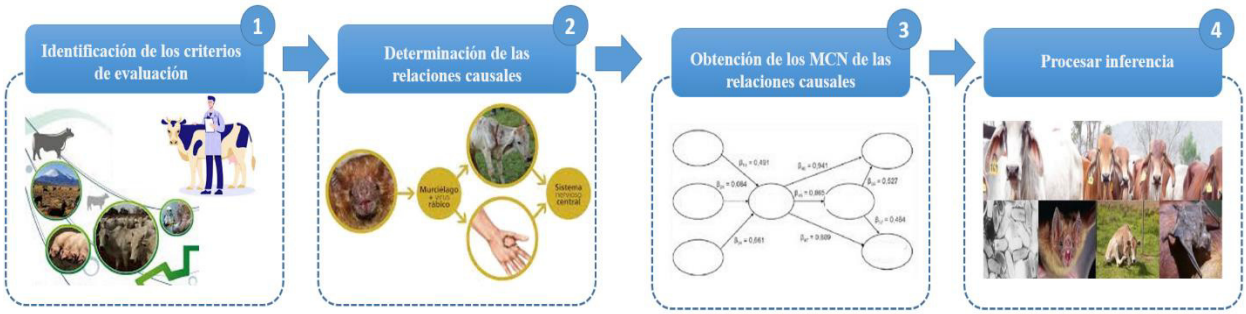


Figura 1. Flujo de trabajo de la etapa de procesamiento.

Actividad 1: Identificación de los criterios evaluativos.

La actividad inicia con la identificación de los expertos que intervienen en el proceso. A partir del trabajo del grupo de experto se determinan los criterios que se tendrán en cuenta para la inferencia del proceso. La actividad utiliza un sistema de trabajo en grupo mediante un enfoque multicriterios [7,30]. Formalmente se puede definir el problema de recomendación de la guarda a menores a partir de la responsabilidad parental mediante:

El número de indicadores evaluativos del proceso donde:

$$I = \{i_1, \dots i_n\} \quad (1)$$

El número de expertos que interviene en la valoración multicriterio donde:

$$E = \{m_1, \dots m_n\} \quad (2)$$

El resultado de la actividad es la obtención de los diferentes indicadores evaluativos sobre los perfiles de la rabia bovina en la ganadería.

Actividad 2: determinación de las relaciones causales de los criterios.

Una vez obtenidos los criterios evaluativos, se determina las relaciones causales. Las relaciones causales constituyen la expresión de causalidad entre los diferentes criterios evaluativos. La determinación de las relaciones causales consiste en establecer a partir del trabajo en grupo la implicación entre conceptos. La información resultante representa el conocimiento primario para nutrir el proceso de inferencia.

Las relaciones causales son representadas por variables difusas expresadas como términos lingüísticos. En los modelos lingüísticos se suelen usar conjuntos de etiquetas lingüísticas con granularidad no superior a 13. Es común utilizar conjuntos de granularidad impar, donde existe una etiqueta central y el resto de las etiquetas se distribuyen simétricamente a su alrededor.

Actividad 3: obtención del MCN.

Durante la etapa de ingeniería del conocimiento cada experto expresa la relación que existe entre cada par de conceptos C_i y C_j del mapa. Entonces, para cada relación causal se obtienen K reglas con la siguiente estructura: Si C_i es A entonces C_j es B y el peso W_{ij} es C. Cada nodo constituye un concepto causal, esta característica hace que la representación sea flexible para visualizar el conocimiento humano. La matriz de adyacencia se obtiene a partir los valores asignados a los arcos [8,31].

Los valores que se obtienen por el grupo de experto que intervienen en el proceso son agregados conformándose el conocimiento general con las relaciones entre los criterios. La actividad obtiene como resultado el FCM resultante [9].

A partir de la obtención de las relaciones causales, se realiza el análisis estático [10]. Se toma de referencia el conocimiento almacenado en la matriz de adyacencia. Para el desarrollo del presente método se trabaja con el grado de salida tal como muestra la ecuación (3) [11].

$$id_i = \sum_{i=1}^{n} \left\| I_{ji} \right\| \tag{3}$$

Actividad 4: procesamientos de la inferencia:

Un sistema modelado por un MCN evolucionará durante el tiempo, donde la activación de cada neurona dependerá del grado de activación de sus antecedentes en la iteración anterior [12, 13]. Normalmente este proceso se repite hasta que el sistema estabilice o se alcance un número máximo de iteraciones.

El procesamiento para la inferencia, consiste en calcular el vector de estado A a través del tiempo, para una condición inicial A^0 [14]. De forma análoga a otros sistemas neuronales, la activación de C_i dependerá de la activación las neuronas que inciden directamente sobre el concepto C_i y de los pesos causales asociados a dicho concepto. La ecuación 6 muestra la expresión utilizada para el procesamiento.

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1;\, j\neq i}^{n} A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \tag{4}$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji}: es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y f (x) es la función de activación.

Los sistemas inestables pueden ser totalmente caóticos o cíclicos, y son frecuentes en modelos continuos. En resumen, el proceso de inferencia en un MCD puede mostrar una de las siguientes características:

- Estados de estabilidad: si $\exists tk \in \mathbb{N}$: $A_i^{(t+x)} = A_i^{(t)} \forall t > tk$ por tanto, después de la iteración tk el FCM producirá el mismo vector de estado. Después esta configuración es ideal, pues representa la codificación de un patrón oculto en la causalidad [15].
- Estados cíclicos: si $\exists tk, P \in \mathbb{N}$: $A_i^{(t+p)} = A_i^{(t)} \forall t > tk$. El mapa tiene un comportamiento cíclico con periodo P. En este caso el sistema producirá el mismo vector de estado cada P-ciclos del proceso de inferencia [16].
- Estado caótico: el mapa produce un vector de estado diferente en cada ciclo. Los conceptos siempre varían su valor de activación [17].

3 Implementación del método neutrosófico para la evaluación del impacto de la rabia bovina en la ganadería

La presente sección ilustra la implementación del método propuesto para evaluar el impacto de la rabia bovina

en la ganadería. Se describe un estudio de caso centrado en una comunidad ganadera en Ambato, Ecuador, donde se llevará a cabo un análisis exhaustivo de las implicaciones de esta enfermedad zoonótica. A continuación se describen los resultados del estudio:

Actividad 1 Identificación de los criterios evaluativos:

Para llevar a cabo este estudio, se consultaron cinco expertos en salud animal, epidemiología y economía ganadera. Este panel de expertos fue seleccionado por su amplio conocimiento y experiencia en la temática, y su diversidad de especialidades proporcionó una base sólida para la identificación de los criterios evaluativos. A continuación, se describen las características del panel y los criterios evaluativos establecidos:

- Experiencia: El panel incluyó veterinarios, epidemiólogos y economistas agrícolas. Esta diversidad asegura un enfoque multidisciplinario para entender el impacto de la rabia en la ganadería.
- Conocimiento local: Cada experto tiene un conocimiento profundo del contexto ganadero de Ambato, lo que les permite aportar información relevante y específica sobre la región y sus desafíos particulares.
- Participación: Todos los miembros del panel participaron activamente en discusiones sobre los aspectos críticos de la rabia bovina, lo que fomentó un ambiente de colaboración y generación de ideas.
- Reconocimiento en su campo: Los expertos seleccionados son reconocidos en sus respectivas áreas, lo que les otorga credibilidad y autoridad en las evaluaciones realizadas.
- Compromiso: Los integrantes del panel demostraron un compromiso demostrado con la salud pública y animal así como en el desarrollo de la industria ganadera, lo que aumenta la relevancia y urgencia en sus recomendaciones.

El grupo de expertos consultados representa la base para la definición de los criterios evaluativos y las relaciones causales. A partir del trabajo realizado por el grupo de expertos se identificaron el conjunto de criterios. La tabla 1 muestra el resultado de los criterios identificados.

Tabla 1. Criterios evaluativos.

No.	Criterios
1	Frecuencia de incidencia: Evalúa la tasa de casos reportados de rabia bovina en la región. Este criterio permitirá comprender la extensión del problema y su evolución a lo largo del tiempo.
2	Efectos económicos: Considera la pérdida económica en las explotaciones ganaderas como resultado de la rabia, incluyendo gastos en tratamiento y pérdidas por muerte de animales.
3	Riesgos para la Salud Pública: Analiza la amenaza que representa la rabia bovina para la salud humana en la comunidad, especialmente en los casos de transmisión zoonótica.
4	Conocimiento y actitudes de los ganaderos: Evalúa el nivel de conciencia que tienen los ganaderos sobre la rabia, sus síntomas, y la importancia de las vacunas, lo que afecta su comportamiento en relación con la prevención de la enfermedad.

Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales de los criterios:

Para la identificación de las relaciones causales se obtuvo la información del grupo de expertos que participa en el proceso. Como resultado se identificación 5 matrices de adyacencia con el conocimiento expresado por cada experto. Las matrices pasaron por un proceso de agregación en la que se genera como resultado final una matriz de adyacencias resultante. La tabla 2 muestra la matriz de adyacencia resultante del proceso.

Tabla 2. Matriz de adyacencia de los criterios evaluativos.

	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	[0.00]	[1,0,0]	[0.90,0,15,0.20]	[1,0,0]
C_2	[1,0,0]	[0.00]	[0.8,0,15,0.20]	[1,0,0]
C_3	[0.8,0,15,0.20]	[0.8,0,15,0.20]	[0.00]	[0.90,0,15,0.20]
C_4	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.00]

Actividad 3 obtención del MCN:

Una vez obtenidos los indicadores evaluativos y sus relaciones causales correspondientes en la actividad 2, se realiza la representación del conocimiento en el MCN resultante.

Actividad 4 procesamientos de la inferencia:

La matriz de adyacencia posee el conocimiento necesario para determinar los pesos atribuidos a cada indicador evaluativo. Para calcular los pesos, se emplea la ecuación 3. La tabla 3 muestra los resultados del cálculo realizado.

Tabla 3: Peso atribuido a los criterios evaluativos.

ID	Criterio evaluativo	Peso
C_1	Frecuencia de incidencia	[0.82,0,15,0.20]
C_2	Efectos económicos	[0.8,0,15,0.20]
C_3	Riesgos para la Salud Pública	[0.71,0,10,0.20]
C_4	Conocimiento y actitudes de los ganaderos	[0.85,0,15,0.20]

Una vez determinado los pesos de los indicadores. Se determinan las preferencias del comportamiento de 10 casos de análisis. Las tabla 4 muestran los resultados del cálculo realizado.

Tabla 4: Cálculo de preferencias atribuidas al impacto de la rabia bovina en la ganadería.

Criterio	Peso	Preferencia	Agregación
C_1	[0.82,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.86,0,15,0.20]
C_2	[0.8,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.90,0,15,0.20]
C_3	[0.71,0,10,0.20]	[1,0,0]	[0.85,0,15,0.20]
C_4	[0.85,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.92,0,15,0.20]
Índice			[0,88,0,15,0.20]

La figura 2 muestra una gráfica las preferencias del comportamiento de 10 casos de análisis.

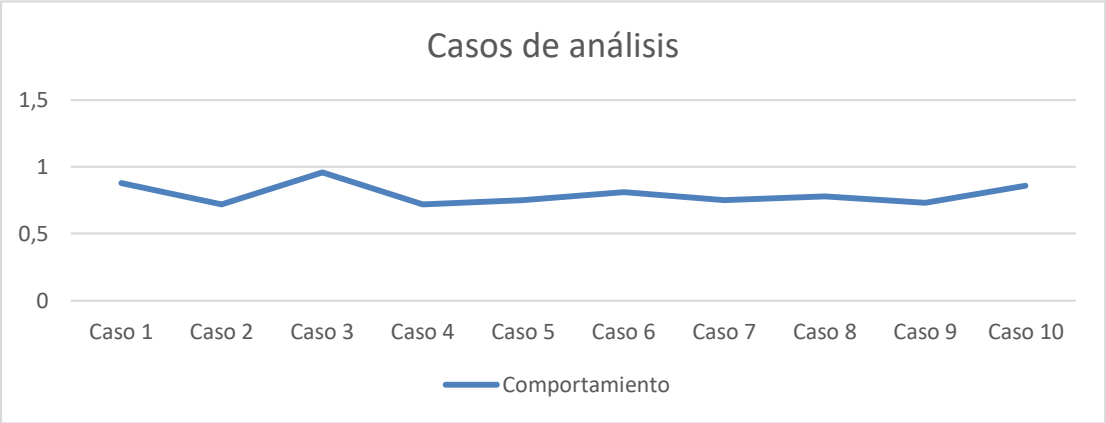


Figura 2. Comportamiento de los diferentes casos de análisis.

A partir de la simulación, se identificaron los casos 3, 10 y 1 como los más críticos. Estos casos son descritos a continuación:

Caso 5: Bobina hembra con babesiosis

En una finca de Ambato, una vaca hembra sufrió la muerte repentina y fue referida al veterinario debido a un historial clínico que incluía signos compatibles con babesiosis. Tras el fallecimiento, se tomaron muestras de su cerebro para análisis histopatológico. En el examen de las muestras de sangre, se confirmaron signos de infección por Babesia bovis, utilizando tinción de Giemsa. Este caso destaca la necesidad de distinguir entre múltiples infecciones zoonóticas que podrían coexistir en el ganado de la región.

Caso 6: Becerro con incoordinación progresiva

Durante una revisión de varios lotes de ganado en la misma comunidad, se identificó una alta presencia de garrapatas y mordeduras de murciélagos hematófagos en todos los animales examinados. En particular, se observó un becerro de 45 días que mostraba incoordinación en sus extremidades posteriores y presentaba dificultades para alimentarse. Al examinarlo más de cerca, se notaron múltiples mordeduras en sus orejas y cuello. Se decidió separar al becerro para realizar estudios adicionales. A pesar del tratamiento intravenoso con suero glucosado durante tres días, el animal mostró un deterioro progresivo, terminando en postración, hipotermia y otros síntomas graves. Finalmente, se confirmaron resultados positivos para Babesiosis.

Caso 8: Hembra tratada sin lesiones relevantes

En un corral cercano, se reportó una hembra de cuatro meses que había recibido tratamiento por anaplasmosis y babesiosis. Según el veterinario de la comunidad, el animal estaba en recuperación. Sin embargo, durante la necropsia, no se encontraron lesiones significativas que indicaran la presencia de babesiosis o anaplasmosis. Esto sugiere un desenlace favorable tras el tratamiento, a pesar del riesgo de exposición a patógenos en la comunidad.

En los tres casos mencionados, se observó encefalitis no supurativa con características específicas, incluidas reacciones gliales y ateliosis neuronal. Las inclusiones típicas de los cuerpos de Negri fueron más prominentes en el primer caso, donde la severidad y la cantidad de lesiones fueron notablemente mayores. Esto resalta la variabilidad en la presentación clínica y los resultados diagnósticos asociados con la rabia bovina y las infecciones concurrentes en la comunidad ganadera de Ambato.

4 Discusión

La rabia paralítica bovina, conocida como derriengue, se origina principalmente por la mordedura del murciélago hematófago *Desmodus rotundus*, un virus neurotrópico clasificado en el género *Lyssavirus* de la familia *Rhabdoviridae*. Una vez que el virus entra en la herida, se infiltra en los nervios periféricos y se extiende hacia el sistema nervioso central. El periodo de incubación puede variar desde unos pocos días hasta meses, dependiendo de la localización de la mordedura y la cantidad de virus inoculado; a mayor proximidad de la herida al sistema nervioso central, más corto será este período. La saliva de los murciélagos contiene un anticoagulante que prolonga la hemorragia post-mordedura, debilitando al ganado. Además, las lesiones provocadas por estos murciélagos al alimentarse de sangre pueden disminuir tanto la producción de leche como el crecimiento del ganado [18,32].

Los factores de riesgo para la rabia paralítica incluyen la exposición a animales salvajes, el contacto con murciélagos y la falta de vacunación en el ganado. La interacción con reservorios silvestres, el periodo de incubación y las diversas formas clínicas también influyen en el desarrollo de la enfermedad. La expansión de las áreas agrícolas ha creado nuevos espacios de pastoreo, lo que incrementa el contacto entre los murciélagos y el ganado. Asimismo, el cambio climático podría afectar la distribución geográfica de estos murciélagos, ampliando las zonas de riesgo. La escasez de laboratorios especializados dificulta un diagnóstico oportuno, complicado por el desconocimiento de la enfermedad en áreas rurales, lo que retrasa la notificación de brotes y la implementación de tratamientos preventivos [19].

Un estudio realizado en Ecuador [20] reveló que, en cuanto al control de ectoparásitos, el 100% de los ganados enfrenta esta problemática, siendo las enfermedades más comunes la fiebre de garrapata (57%), estomatitis vesicular (19,8%), estrés calórico (14%), librillo seco (6%) y rabia bovina (3%). Este estudio también encontró que, en el último año, aproximadamente un bovino por finca presentó enfermedades, lo que representa el 11% del ganado.

El virus de la rabia se replica en las células estriadas, específicamente en los miocitos, cerca del punto de entrada del virus y luego se difunde hacia las terminaciones de los nervios motores. A medida que el virus avanza por el sistema nervioso central, en particular en la médula espinal, su progresión al cerebro es rápida. Esto provoca daños en las neuronas motoras, resultando en lesiones progresivas en los nervios motores inferiores, ocasionando la típica parálisis flácida asociada con la enfermedad. La propagación del virus hacia las glándulas salivales a través de los pares craneales representa la etapa final de la infección, indicando un daño cerebral significativo. Esta fase es crucial para la transmisión entre animales y de animales a humanos [21,33].

Los signos clínicos de la rabia en los animales dependen de cómo afecta el virus al cerebro. Generalmente, los animales presentan un cambio abrupto en su comportamiento seguido de parálisis progresiva que culmina en la muerte. En algunos casos, un animal puede fallecer rápidamente sin mostrar síntomas clínicos evidentes. Tras la exposición al virus, ya sea por mordedura u otra vía, el virus se dirige al cerebro. El periodo de incubación de la rabia puede oscilar entre 20 y 90 días, y su duración se ve influenciada por la inmunidad del huésped, la virulencia del virus y la distancia entre el sitio de la mordedura y el cerebro. Los síntomas iniciales, que son comunes tanto en humanos como en animales, incluyen aislamiento, apatía, pérdida de apetito, depresión, ansiedad y sensibilidad en el área afectada. En casos severos, esta sintomatología puede progresar hacia parálisis y dificultad para tragar, llevando eventualmente a la muerte por parálisis cardiorrespiratoria [2].

Existen principalmente dos formas de rabia en los bovinos que presentan signos específicos. La rabia furiosa se caracteriza por ansiedad, excitabilidad y agresividad, con episodios intermitentes de depresión. Los animales pierden su instinto de cuidado y muestran falta de temor hacia otros animales y humanos, lo que puede resultar en comportamientos repentinos y ataques sin provocación. Con el avance de la enfermedad, se desarrolla debilidad muscular, pérdida de coordinación y convulsiones. Por otro lado, la rabia muda o paralítica es la forma más común en el ganado. Los animales afectados tienden a ser melancólicos o dóciles, y la parálisis se localiza en la cara, garganta y faringe, manifestándose con expresiones faciales inusuales y babeo debido a la dificultad para tragar. Esta parálisis puede extenderse al resto del cuerpo, comenzando por las patas traseras, y culminar en coma y muerte. A medida que avanza la enfermedad, también pueden aparecer síntomas como confusión, depresión, somnolencia o agitación [22].

Los signos clínicos de la rabia en bovinos pueden ser bastante diversos. Ante la aparición de incoordinación motora, ataxia, parálisis u otros síntomas relacionados con el sistema nervioso central, un bovino debe considerarse sospechoso de rabia hasta que se descarte mediante pruebas de laboratorio. Los primeros indicios de la enfermedad suelen incluir el aislamiento del animal del resto del rebaño, apatía, pérdida de apetito, depresión, ansiedad y movimientos irregulares. A veces, también se pueden observar síntomas relacionados como sensibilidad y picazón en la zona de la mordedura, hiperexcitabilidad, aumento del deseo sexual, salivación excesiva y dificultad para

tragar. Con la progresión de la enfermedad, es posible que surjan complicaciones como parálisis en las extremidades posteriores [23,34].

La rabia se transmite a través de vectores que actúan como reservorios del agente infeccioso. En el caso de la rabia bovina, el principal vector es el murciélago hematófago, que se alimenta de sangre, aunque en regiones rurales los zorros también pueden ser responsables. En áreas urbanas, la transmisión a menudo se produce por mordeduras de perros y gatos. Mientras que el ganado suele ser el huésped final del virus, también puede haber un riesgo de infección en humanos, especialmente si se realiza una inspección en la cavidad oral de un animal infectado y el virus se inocula a través de heridas ocasionadas por los dientes del animal. Además, el virus puede trasladarse a los humanos a través del consumo de leche y carne de animales infectados.

Los métodos de diagnóstico para la rabia deben ser rápidos, sensibles y específicos, siguiendo las técnicas establecidas por la OMS y la OIE, y se llevan a cabo en laboratorios certificados. Las pruebas generalmente se aplican a tejido cerebral, siendo preferentes las muestras del tronco encefálico, hipocampo, tálamo, corteza cerebral, cerebelo y bulbo raquídeo. Sin embargo, también se pueden obtener de las glándulas salivales, aunque la sensibilidad y especificidad pueden variar. El diagnóstico debe realizarse tras extraer el encéfalo en condiciones asépticas, colocándolo en una bolsa de polietileno grueso o en un frasco de boca ancha sin conservantes. Es esencial etiquetar, empaquetar y refrigerar la muestra con suficiente hielo, asegurando que el traslado al laboratorio no exceda las 48 horas después de su recolección. Si no hay muestras adecuadas del cerebro, se puede tomar la muestra del bulbo raquídeo, para lo cual es necesario sumergirla en una solución de glicerol al 50% si se conserva por más tiempo [24].

Existen diferentes técnicas para el diagnóstico de rabia, entre ellas la microscopía electrónica, que permite observar la característica forma de bala de los rabdovirus, y la inmunología directa, que utiliza la marcación de antígenos con fluoresceína para hacer visibles áreas fluorescentes verdes. Además, se emplean técnicas como PCR e inmunohistoquímica que permiten visualizar inclusiones en células infectadas. La OMS recomienda la identificación del virus mediante anticuerpos anti-nucleocápside utilizando inmunofluorescencia directa. La RT-PCR en tiempo real, utilizada en el diagnóstico molecular, ha mostrado que en bovinos las porciones anatómicas del córtex, médula y tálamo contienen una mayor cantidad de partículas virales, lo que indica su alta sensibilidad diagnóstica [25].

No existe un tratamiento específico para la rabia una vez que aparecen los síntomas del sistema nervioso central, y en la mayoría de los casos, la enfermedad resulta letal. Por lo tanto, la prevención es fundamental. La vacunación antes de la exposición es la mejor forma de evitar la rabia, especialmente en áreas de alto riesgo. La educación sobre la rabia y la promoción de prácticas seguras al interactuar con animales son cruciales para prevenir esta grave enfermedad.

El Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica - Alerta (SIVE-Alerta) es un componente esencial de la salud pública en Ecuador, encargado de detectar oportunamente eventos de salud de importancia nacional e internacional, facilitando decisiones rápidas para prevenir y controlar brotes de rabia, entre otras enfermedades. Entre 2018 y 2022, Ecuador reportó 53 casos de rabia humana y 137 casos en animales, predominantemente en perros y gatos. SIVE enfatiza la necesidad de notificación inmediata de casos sospechosos debido a la alta mortalidad asociada a la encefalitis aguda, con un índice de mortalidad que puede alcanzar el 100%. La notificación debe realizarse de forma individual utilizando un formulario específico del Ministerio de Salud Pública [26].

El Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública (INSPI) gestiona los casos sospechosos de rabia y los procedimientos necesarios para su confirmación. Ante sospechas de un animal infectado, es crucial aislarlo inmediatamente. Si el animal está vivo, el INSPI realiza las pruebas de laboratorio necesarias utilizando muestras como saliva y líquido cefalorraquídeo. Para los animales que se cree han muerto de rabia, se procede a la decapitación y se envían las cabezas intactas en hielo a los laboratorios del INSPI para su análisis. Aquellos confirmados como positivos deben ser sacrificados de inmediato por el personal del Ministerio de Salud Pública para evitar la propagación de la enfermedad [27].

El Programa Nacional Sanitario de Prevención y Control de Rabia Bovina es una iniciativa del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador, ejecutada por Agrocalidad. Este programa busca reducir la incidencia de rabia bovina en el país, protegiendo así la salud pública y la producción ganadera a través de múltiples estrategias como son [1]:

1. Vigilancia epidemiológica: Se realiza un seguimiento constante de la enfermedad a través de la notificación obligatoria de casos sospechosos, el diagnóstico laboratorial, el análisis espacial y temporal de la información y la respuesta oportuna a los brotes.
2. Vacunación estratégica: Se ejecutan campañas anuales de vacunación gratuita para el ganado bovino en zonas de riesgo, priorizando la vacunación de animales jóvenes y aquellos que viven en áreas de alta incidencia. Se busca desarrollar nuevas vacunas más seguras, eficaces y de bajo costo.
3. Control de vectores: Se implementan medidas para reducir las poblaciones de murciélagos hematófagos, principales vectores de la rabia bovina, mediante la captura y eliminación de murciélagos, la protección de corrales y establos, y la educación de la población. Se busca desarrollar nuevos métodos de control más seguros, eficaces y sostenibles.

4. Educomunicación: Se difunde información y materiales educativos a la población sobre la rabia bovina, sus riesgos y medidas de prevención, utilizando diferentes canales de comunicación y promoviendo la participación de la comunidad.
5. Investigación: Se realizan estudios para comprender mejor la epidemiología, la patogénesis y el desarrollo de nuevas herramientas de control de la rabia bovina, como nuevas vacunas, métodos de diagnóstico y estrategias de control de vectores.

5 Conclusión

El impacto de la rabia bovina en la ganadería es significativo y requiere atención urgente. A pesar de que el murciélago Desmotus rotundus es reconocido como el principal vector de la enfermedad, muchos trabajadores en el campo carecen del conocimiento necesario para identificarlo y, por ende, implementar medidas preventivas efectivas. La falta de reconocimiento de los signos y síntomas de la rabia en bovinos se traduce en una gestión inadecuada, lo que facilita la progresión crónica de la enfermedad. La vacunación de los animales en áreas de alto riesgo es crucial, ya que se estima que cerca de 100,000 cabezas de ganado mueren cada año por esta enfermedad. No obstante, la mera vacunación no es suficiente si no se controla el vector; por ello, se requiere combinarla con campañas de erradicación, como la captura de murciélagos para el tratamiento con productos tóxicos. La inversión en prevención es mínima en comparación con las enormes pérdidas económicas, que ascienden a aproximadamente 300 millones de dólares anuales. En este contexto, el método neutrosófico resultó útil al evaluar el impacto de la rabia bovina en la ganadería, permitiendo la simulación de 10 casos de estudio en Ambato. Este enfoque no solo ayudó a identificar las áreas más afectadas, sino que también proporcionó una base sólida para desarrollar estrategias adecuadas que mitiguen la propagación de la rabia y protejan tanto la salud animal como la economía ganadera.

Referencias

[1] Agrocalidad, "Programa Nacional Sanitario de Prevención y Control de Rabia Bovina. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador," 2020.

[2] F. Rocha, and R. A. Dias, "The common vampire bat Desmodus rotundus (Chiroptera: Phyllostomidae) and the transmission of the rabies virus to livestock: A contact network approach and recommendations for surveillance and control," *Preventive veterinary medicine,* vol. 174, pp. 104809, 2020.

[3] K. S. V. Lucero, L. J. B. Quimis, and J. M. R. Baque, "Riesgos sanitarios asociados a zoonosis víricas: endemia, epidemia y pandemia," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 1, pp. 268-285, 2023.

[4] D. Soler-Tovar, and L. E. Escobar, "Rabies transmitted from vampires to cattle: An overview," *PloS one,* vol. 20, no. 1, pp. e0317214, 2025.

[5] N. Brown, and L. E. Escobar, "A review of the diet of the common vampire bat (Desmodus rotundus) in the context of anthropogenic change," *Mammalian Biology,* vol. 103, no. 4, pp. 433-453, 2023.

[6] R. A. Mora, "Virología molecular de la rabia: un enfoque clínico," *Revista Cubana de Medicina Tropical,* vol. 75, no. 1, 2023.

[7] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[8] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[9] A. P. Anninou, and P. P. Groumpos, "A new mathematical model for fuzzy cognitive maps-application to medical problems," *Системная инженерия и информационные технологии,* vol. 1, no. 1, pp. 63-66, 2019.

[10] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[11] M. Y. L. Vasquez, G. S. D. Veloz, S. H. Saleh, A. M. A. Roman, and R. M. A. Flores, "A model for a cardiac disease diagnosis based on computing with word and competitive fuzzy cognitive maps," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil,* vol. 19, no. 1, 2018.

[12] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[13] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[14] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.

[15] M. Amer, A. Jetter, and T. Daim, "Development of fuzzy cognitive map (FCM)- based scenarios for wind energy," *International Journal of Energy Sector Management*, 2011.

[16] G. Felix, G. Nápoles, R. Falcon, W. Froelich, K. Vanhoof, and R. Bello, "A review on methods and software for fuzzy cognitive maps," *Artificial Intelligence Review,* vol. 52, no. 3, pp. 1707-1737, 2019.

[17] H. Song, C. Miao, Z. Shen, W. Roel, D. Maja, and C. Francky, "Design of fuzzy cognitive maps using neural networks for predicting chaotic time series," *Neural Networks,* vol. 23, no. 10, pp. 1264-1275, 2010.

[18] W. S. Sanchez-Gomez, C. I. Selem-Salas, D. I. Cordova-Aldana, and J. A. Erales-Villamil, "Common vampire bat (Desmodus rotundus) abundance and frequency of attacks to cattle in landscapes of Yucatan, Mexico," *Tropical Animal Health and Production,* vol. 54, no. 2, pp. 130, 2022.

[19] R. A. Dias, M. F. Dornelas, and V. S. P. Gonçalves, "Turning the rationale of cattle rabies surveillance and control in Latin America: from rabies case to vampire bat aggression-based program," *Medical Research Archives,* vol. 10, no. 12, 2022.

[20] S. M. Salazar Moreira, "Evaluación documental de los riesgos que representan las enfermedades zoonóticas en las personas dedicadas a la producción Bovina y Porcina," BABAHOYO: UTB, 2021, 2021.

[21] D. de Souza, R. Oliveira, P. F. Asprino, F. Bettoni, C. Macedo, S. M. Achkar, W. d. O. Fahl, P. E. Brandão, and J. Castilho, "Evolution and divergence of the genetic lineage Desmodus rotundus/Artibeus lituratus of rabies virus in São Paulo State," *Archives of Virology,* vol. 168, no. 11, pp. 266, 2023.

[22] A. d. C. Rodrigues da Silva, G. M. M. Caporale, C. A. Gonçalves, M. C. Targueta, F. Comin, C. R. Zanetti, and I. Kotait, "Antibody response in cattle after vaccination with inactivated and attenuated rabies vaccines," *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo,* vol. 42, pp. 95-98, 2000.

[23] D. Fontana, F. Marsili, M. Etcheverrigaray, R. Kratje, and C. Prieto, "Rabies VLPs adjuvanted with saponin-based liposomes induce enhanced immunogenicity mediated by neutralizing antibodies in cattle, dogs and cats," *Journal of Virological Methods,* vol. 286, pp. 113966, 2020.

[24] E. L. Rubio, "La Rabia, una enfermedad ancestral muy vigente," *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal,* vol. 30, no. Supl. 2, pp. 5-11, 2022.

[25] S. Russo, L. Novaro, I. Burkhard, G. Centurión, and A. Luque, "Rabia: diagnostico y caracterizacion antigenica," *Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP,* vol. 11, no. 1, pp. 49-49, 2013.

[26] E. B. Rodríguez, A. I. Cirer, L. L. O. Tobar, and E. M. B. Martínez, "Importancia de la enfermería en la prevención y vigilancia epidemiológica en situaciones de emergencias o desastres," *Journal of Science and Research,* vol. 8, no. II CICS, 2023.

[27] A. C. Palacios Pozo, "Establecimiento de indicadores de gestión en los procesos operacionales en, El instituto nacional de investigación y salud pública Cuenca," Universidad del Azuay, 2014.

[28] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[29] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[30] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[31] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[32] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[33] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[34] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 21, 2025. Aceptado: marzo 11, 2025

NCML
Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Evaluación neutrosófica sobre de la vulnerabilidad a cisticercosis porcina en zonas rurales del sector Picaihua

Neutrosophic evaluation of the vulnerability to swine cysticercosis in rural areas of the Picaihua sector.

Daniela Alejandra Proaño Remache [1], Xavier Alexander Larcos Loarte [2], Ligia Ivette Valle Ortiz [3] and Jaine Labrada Ching[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. danielapr85@unianes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. xavierll80@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ligiavo90@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.jainelc87@uniandes.edu.ec

Resumen. La cisticercosis porcina, causada por el parásito Taenia solium, afecta las instalaciones rurales del sector Picaihua, donde el Cysticercus cellulosae representa un parásito con un alto grado de vulnerabilidad. El objetivo de la presente investigación es desarrollar un método de evaluación neutrosófica sobre la vulnerabilidad a la cisticercosis porcina en zonas rurales del sector Picaihua. También se evaluó el grado de conocimiento de 26 propietarios de estas instalaciones, donde, mediante la realización de una encuesta, se evidenció que muchos de ellos desconocían información fundamental acerca del parásito Taenia solium y la enfermedad que este produce tanto en los cerdos como en los humanos, lo que genera una zoonosis. Con estos resultados, se planteó un plan de capacitación para informar a los habitantes del sector rural de Picaihua sobre cómo esta enfermedad afecta la salud pública y el ámbito económico, además de proporcionar información esencial para la prevención de la enfermedad en los porcinos de producción y en los seres humanos, así como demostrar métodos efectivos de manejo sanitario, evitando así la prevalencia del parásito.

Palabras Claves: método neutrosófica, vulnerabilidad a cisticercosis porcina, zonas rurales, sector Picaihua

Abstract. Porcine cysticercosis, caused by the parasite Taenia solium, affects rural facilities in the Picaihua sector, where Cysticercus cellulosae represents a parasite with a high degree of vulnerability. The objective of this research is to develop a neutrosophic evaluation method on the vulnerability to porcine cysticercosis in rural areas of the Picaihua sector. The level of knowledge of 26 owners of these facilities was also evaluated, where, through a survey, it was shown that many of them were unaware of fundamental information about the parasite Taenia solium and the disease it produces in both pigs and humans, which generates a zoonosis. With these results, a training plan was proposed to inform the inhabitants of the rural sector of Picaihua about how this disease affects public health and the economic sphere, in addition to providing essential information for the prevention of the disease in production pigs and in humans, as well as demonstrating effective methods of sanitary management, thus avoiding the prevalence of the parasite.

Keywords: Neutrosophic method, vulnerability to porcine cysticercosis, rural areas, Picaihua sector

1 Introducción

La cisticercosis es una enfermedad causada por Taenia solium, un parásito de la clase Cestoda que representa un problema de zoonosis. Su ciclo de vida incluye un huésped intermediario, comúnmente los cerdos, y posteriormente requiere un hospedador definitivo, que es el ser humano, para completar su ciclo, causando así la teniasis. Este parásito pertenece al reino Animalia; se clasifica dentro de la clase Cyclophyllidea y la familia Taeniidae, siendo del género Taenia. Junto con Taenia saginata, se le conoce comúnmente como lombriz solitaria [1].

En su fase larval, el parásito se aloja en el cerebro y los músculos del huésped intermediario, el cerdo, donde

se denomina Cysticercus cellulosae. Las principales regiones anatómicas afectadas en los porcinos son los músculos maseteros, el corazón, la lengua, el paladar y el cerebro, además de los tejidos esqueléticos.

En su fase adulta, el parásito llega al hospedador definitivo, el ser humano, a través de la ingesta de carne contaminada y mal cocinada, alojándose en el intestino delgado. En esta etapa, presenta una forma de cinta, alargada y aplanada. Su cuerpo está segmentado y dotado de una doble corona de ganchos quitinosos. Los huevos son esféricos, con un embrión hexacanto y embrióforo radiado [2,31].

Este parásito es más frecuente en granjas artesanales ubicadas en zonas rurales, donde hay una falta de recursos económicos suficientes para una gestión adecuada de higiene y sanidad. Por lo general, al ser un animal de producción, se sacrifica aproximadamente entre los 12 y 14 meses, limitando el crecimiento del cisticerco.

En cuanto a los síntomas en los cerdos, pueden presentarse malestares como diarrea, vómitos e inapetencia; sin embargo, en general, la enfermedad suele ser asintomática. Para realizar un diagnóstico adecuado, se recomienda un análisis de laboratorio, que incluye pruebas mediante la inspección postmortem de los porcinos afectados por el parásito en su etapa larval, enfocándose en los músculos donde se aloja el cisticerco.

El tratamiento para manejar los síntomas y eliminar el parásito en los cerdos consiste en la inyección de praziquantel (Droncit). Para los huéspedes definitivos, los antiinflamatorios y los antiepilépticos son los indicados para mantener el control de las crisis convulsivas y reducir la inflamación perilesional, lo que, con el tiempo, conllevará la muerte del parásito [3].

Dado que se trata de una enfermedad zoonótica, es crucial que veterinarios, médicos y propietarios de granjas porcinas posean conocimiento sobre cómo prevenir el desarrollo de este parásito, ya que puede tener graves repercusiones en la salud de los animales y las personas, llegando incluso a ser mortal. Por ello, es necesario implementar un programa de capacitación que ayude a los propietarios de estos establecimientos porcinos a cumplir con las normativas de sanidad establecidas por la ley, evitando así que los animales contraigan estos parásitos. La cisticercosis representa tanto un problema de pérdida económica como un problema social, evidenciado en varios países de América Latina con cientos de casos, que podrían erradicarse mediante el estudio y el conocimiento. Por lo tanto, es fundamental analizar el grado de vulnerabilidad a la cisticercosis porcina en producciones artesanales de zonas rurales.

1.2 Preliminares

El parásito conocido como Taenia solium presenta un ciclo de vida muy particular. Se aloja en el huésped intermediario, que es el cerdo. Posteriormente, el ser humano ingiere carne contaminada, la cual suele llegar al mercado sin la limpieza adecuada ni el cumplimiento de las normas sanitarias necesarias. En este ciclo, el ser humano actúa como el huésped definitivo, eliminando los huevos del parásito a través de las heces [4,32]. Los cerdos, a su vez, pueden consumir los desechos contaminados con los huevos en fase larvaria, reiniciando así el ciclo.

Cuando el huésped intermediario, en este caso la población porcina, ingiere los huevos del parásito, estos se instalan en el intestino del cerdo. Allí, las larvas atraviesan la mucosa intestinal y migran a diferentes tejidos y órganos mediante la circulación sanguínea, donde se enquistan. Posteriormente, si el ser humano consume alimento que contiene a las larvas enquistadas, estas se alojan en el intestino del huésped definitivo, adquiriendo su forma adulta y causando la enfermedad, siendo, a su vez, eliminadas a través de las heces. (Figura 1)

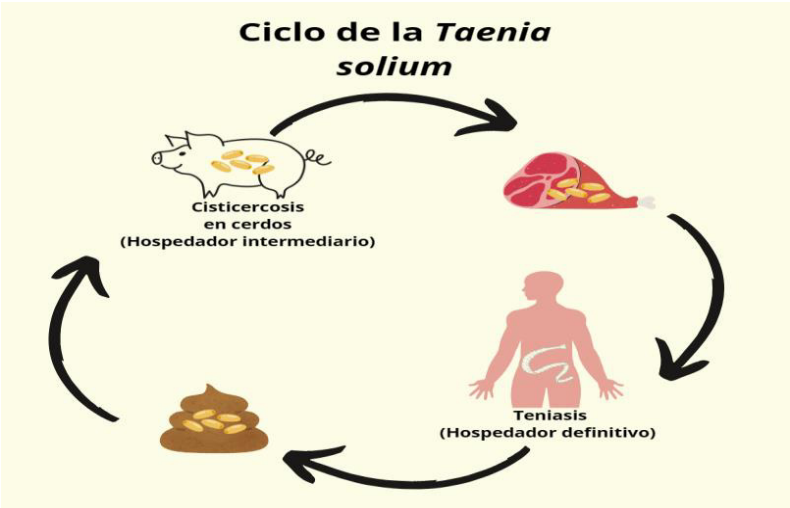


Figura 1: Ciclo de la Taenia solium.
Fuente: Autores.

Causas y factores de riesgo

La cisticercosis es una enfermedad parasitaria que depende tanto del cerdo como del ser humano para completar su ciclo de vida, lo que implica que ambos están expuestos a diversos factores de riesgo. La principal causa de esta enfermedad es la falta de salubridad en las producciones porcinas, especialmente en las áreas rurales. Tras realizar una encuesta, se descubrió que muchos propietarios solo tenían un conocimiento básico sobre la enfermedad o incluso desconocían su existencia.

La falta de información fundamental conduce a errores graves en el manejo de las granjas, como el uso de agua contaminada para hidratar a los animales. Esta agua, extraída de acequias y drenajes, a menudo está contaminada con los huevos de la tenía, provenientes de las heces de las personas que viven en el campo.

Las principales causas y factores que aumentan el riesgo de infección por los quistes larvarios son:

Ingesta de carne cruda o poco cocida.

Mala higiene y un inadecuado lavado de manos. Es importante destacar que no solo la carne de cerdo puede estar contaminada; el pescado deshidratado también puede contener quistes larvarios. Además, frutas y verduras pueden portar huevos de tenia, por lo que es crucial lavar estos alimentos adecuadamente.

Falta de saneamiento y tratamiento de aguas residuales, lo que incrementa el riesgo de que los cerdos y otros animales contraigan el parásito. En las zonas rurales, la carencia de un sistema de tuberías que cumpla con los estándares sanitarios obliga a las personas a usar agua de acequias donde circulan residuos contaminados.

Residencia en regiones con altos índices de infección, especialmente en áreas rurales donde el acceso a tratamientos médicos, tanto veterinarios como para el hospedador definitivo, es limitado o difícil.

Prevención

La cisticercosis es un problema de zoonosis que puede ser mortal y causar diversas patologías en la salud de las personas, por lo que es un tema de interés no solo para veterinarios y propietarios de granjas, sino también para toda la sociedad que consume este tipo de carne.

Los propietarios de granjas rurales deben estar informados sobre este parásito, sus características y su ciclo de vida para cuidar responsablemente a la población porcina. Según la encuesta, se ha evidenciado que muchos de ellos carecen de este conocimiento. Por ello, se planteó un plan de capacitación que no solo se dirige al sector de Picaihua, donde se realizó la encuesta, sino también a diversas zonas rurales del país de donde proviene la carne destinada al consumo [5].

Este plan de capacitación incluye charlas informativas sobre el parásito y sus características patógenas, acompañadas de actividades interactivas para facilitar la comprensión de la información. Además, estas charlas se ofrecerán a niños y jóvenes para que aprendan sobre las precauciones necesarias para evitar contraer el parásito.

Otro componente del plan consiste en realizar prácticas veterinarias en las granjas porcinas, que incluyen chequeos y tratamientos para la cisticercosis en los cerdos [6,33].

Es importante señalar que la Taenia solium no es un problema exclusivo de Ecuador, sino una preocupación que trasciende fronteras. Sin embargo, es más frecuente en las zonas rurales, donde las personas carecen de acceso a información adecuada y los cerdos están en contacto directo con heces humanas contaminadas.

2 Método para la evaluación de la vulnerabilidad a cisticercosis porcina en zonas rurales del sector Picaihua

La presente sección describe el funcionamiento del método neutrosófico multicriterio para la evaluación de la vulnerabilidad a cisticercosis porcina en zonas rurales del sector Picaihua. El método basa su funcionamiento a partir de la lógica neutrosófica [7,34] para representar la incertidumbre mediante la utilización de operadores para la agregación de información .

El método propuesto está diseñado para realizar una evaluación neutrosófica sobre de la vulnerabilidad a cisticercosis porcina en zonas rurales del sector Picaihua. Emplea un enfoque multicriterio multiexperto donde, a partir de indicadores evaluativos, se define la base sobre la cual se realiza la inferencia. Posee una etapa de procesamiento que realiza el análisis matemático de la solución y por último se generan las evaluaciones sobre las necesidades actuales de estas comunidades, como parámetro de salida del método.

El método para la evaluación neutrosófica está formado por cuatro actividades básicas: (1) definición de los indicadores evaluativos; (2) determinación de los pesos asociados a los indicadores; (3) agregación de las informaciones; y (5) generación de las evaluaciones):

Actividad 1 definición de los indicadores evaluativos

La actividad de determinación de los indicadores evaluativos, utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Consiste en obtener los indicadores para la evaluación neutrosófica de la vulnerabilidad a cisticercosis porcina en zonas rurales del sector Picaihua, a partir de la opinión de expertos que intervienen en el proceso. Para convocar el panel expertos que evalúe la pertinencia de los indicadores para la vulnerabilidad a cisticercosis porcina en zonas rurales del sector Picaihua.

Actividad 2 determinación de los pesos asociados a los indicadores

A partir de los indicadores obtenidos en la actividad anterior, se procede a realizar la valoración de estos para determinar los pesos asociados a cada vector. Se emplea la utilización de los expertos en el proceso como parte del desarrollo de la actividad propuesta.

Actividad 3 agregación de las informaciones:

La agregación de información es la actividad más importante del método, representa un mecanismo utilizado en los sistemas de apoyo a la toma de decisiones, para la evaluación o decisión, consiste en la transformación de un conjunto de datos (conjunto difuso) en un único elemento [8], [9], , [10,35].

Definición 1: Operador T-norma. Un operador T: $[0,1] * [0,1] \rightarrow [0,1]$ es un operador T-norma si cumple las siguientes propiedades:

1. Conmutativa $\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{y}) = \mathrm{T}(\mathrm{y},\mathrm{x})$.
2. Asociativa $\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{T}(\mathrm{y},\mathrm{z}) = \mathrm{T}(\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{y}),Z)$.
3. Monótono creciente $\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{y}) > T(x,y)$ si $x \geq \mathrm{x}' \cap \mathrm{y} \geq \mathrm{y}'$.
4. Elemento neutro $\mathrm{T}(\mathrm{x},1) = \mathrm{x}$.

Los operadores de agregación de información Suma Ponderada Ordenada (OWA) permiten la agregación de información de acuerdo a parámetros predefinidos, obteniéndose un valor representativo. Un decisor puede agregar la información en función del grado de optimismo o pesimismo deseado, [11], [12],[13] , [14,36] .

Definición 2: Operador OWA. Una función $F: R^n \rightarrow \mathrm{R}$, es un operador OWA de dimensión n si tiene un vector asociado W de dimensión n tal que sus componentes satisfagan [15], [16], [17,37] :

1) $\mathrm{W_j} \in [0,1]$,
2) $\sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{W_j} = 1$, y
3) $\mathrm{F}(\mathrm{a}_1, \mathrm{a}_2, , , \mathrm{a}_\mathrm{n}) = \sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{W_j b_j}$

Donde $\mathrm{b_j}$ es el J-ésimo más grande de los $\mathrm{a_j}$.

Se puede expresar el operador agregación mediante una notación vectorial tal como se representa en la ecuación 1:

$$\mathrm{F}(\mathrm{a}_1, \mathrm{a}_2 .. \mathrm{a}_\mathrm{n}) = \mathrm{W^t B} \quad (1)$$

Donde:

W: es el vector OWA de peso asociado con la agregación.

B: es el vector agregado ordenado, donde el j-ésimo más grande componente de B es b_j siendo este el j-ésimo más grande de los a_i.

Los números neutrosóficos se pueden expresar en la lógica neutrosófica como se muestra en [18, 19]:

Sean:

$N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0,1]\}n$,

Un valor neutrosófico es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , a partir de cada sentencia p se tiene [20], [21],[22] , [23], :

$$v\,(p) = (T, I, F) \quad (2)$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un operador OWA Neutrosófico como una 2-tupla (W,B) tal como representa la ecuación 3.

$$\mathrm{F}(\mathrm{a}_1, \mathrm{a}_2 .. \mathrm{a}_\mathrm{n}) = \mathrm{W_{(T,I,F)}{}^t B_{(T,I,F)}} \quad (3)$$

Donde:

W: es el vector OWA de peso asociado con la agregación que posee un espacio de verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

B: es el vector agregado ordenado, donde el j-ésimo más grande componente de B es b_j siendo este el j-ésimo más grande de los a_i, que posee un espacio de verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F) [24-26]

El método propuesto basa el proceso de agregación mediante el operador OWA para números neutrosóficos [27-30].

Actividad 4 generación de las evaluaciones:

Una vez agregada la información, se obtiene como resultado las evaluaciones derivadas del proceso. Representan las informaciones la salida del método que determina la evaluación de la vulnerabilidad a cisticercosis porcina en zonas rurales del sector Picaihua.

3 Implementación del método para la evaluación de la vulnerabilidad a cisticercosis porcina en zonas rurales del sector Picaihua

La presente sección describe una ejemplificación de los resultados, en el cual es posible aplicar el método propuesto. El estudio se realiza para la evaluación neutrosófica sobre la vulnerabilidad a cisticercosis porcina en zonas rurales del sector Picaihua. El ejemplo presenta los elementos fundamentales sintetizados para facilitar la comprensión de los lectores.

Actividad 1: definición de los indicadores evaluativos.

Durante el proceso de obtención de información para la definición de los indicadores evaluativos, se obtuvo como resultado un total de 5 indicadores. La Tabla 1 muestra los criterios obtenidos.

Tabla 1: Indicadores evaluativos de la vulnerabilidad a cisticercosis porcina en zonas rurales del sector Picaihua.

ID	Indicador	Descripción
C_1	Conocimiento y Educación sobre Cisticercosis	Evaluar el nivel de conocimiento de los propietarios de granjas porcinas sobre la cisticercosis, incluidas sus causas, efectos, y medidas de prevención
C_2	Calidad de la Infraestructura Sanitaria	Analizar las condiciones sanitarias de las instalaciones donde se crían los cerdos, incluyendo la limpieza de los espacios y la disposición de residuos
C_3	Prácticas de Manejo Alimentario	Evaluar cómo se gestionan los alimentos que consumen los cerdos, incluyendo el uso de restos de comida y su posible contaminación.
C_4	Acceso a Servicios de Salud Animal:	Determinar la disponibilidad y acceso a servicios veterinarios que ofrezcan desparasitantes y tratamiento adecuado para los cerdos
C_5	Condiciones Socioeconómicas de la Población	Evaluar el nivel socioeconómico de los habitantes de la zona, lo que puede influir en la capacidad para invertir en prácticas sanitarias adecuadas.

Actividad 2 determinación de los pesos asociados a los indicadores:

Con el empleo de un enfoque mutiexperto, se determinan los pesos atribuidos a casa criterios. Para el proceso se consultaron cinco expertos los cuales emitieron sus valoraciones. Como resultado final se obtuvieron los vectores de pesos asociados a cada indicador. La tabla 2 muestra los resultados obtenido después de la agregación de los resultados emitidos por los expertos.

Tabla 2: Vectores de pesos asociados a los indicadores.

Criterio	W (T, I, F)
C_1	[1, 0.10,0.10]
C_2	[1, 0.10,0.10]
C_3	[0.8, 0.25,0.10]
C_4	[1, 0.10,0.10]
C_5	[0.95, 0.25,0.15]

Actividad 3 agregación de las informaciones:

A partir del procesamiento que se realiza de entre los vectores de pesos asociados de los indicadores y las preferecias obtenidas, se realiza el proceso de agregación de información a partir de lo expresado en la ecuación 3. Para el proceso de agregación se realiza un ordenamiento de los indicadores evaluativos. La tabla 3 presenta el resultado de los valores obtenidos durante el proceso de agregación.

Tabla 3: Resultado del proceso de agregación.

Criterio	Pesos	Preferencias	Agregación
C_1	[1, 0.10,0.10]	[0.9, 0.25,0.15]	[0.9, 0.25,0.15]
C_2	[1, 0.10,0.10]	[1, 0.10,0.15]	[1, 0.10,0.10]
C_3	[0.8, 0.25,0.10]	[1, 0.15,0.10]	[0.9, 0.25,0.15]
C_4	[1, 0.10,0.10]	[1, 0.15,0.10]	[1, 0.10,0.10]
C_5	[0.95, 0.25,0.15]	[0.9, 0.25,0.15]	[0.92, 0.25,0.15]
Índex			[0.95, 0.25,0.15]

Actividad 4 generación de las evaluaciones:

A partir del análisis mostrado la tabla 3, se genera la evaluación donde se identifica que el índice de estimación para de la vulnerabilidad a cisticercosis porcina en zonas rurales del sector Picaihua, obteniendo un resultado de un 0.95, lo que evidencia un alto índice de vulnerabilidad a cisticercosis porcina en zonas rurales del sector Picaihua.

4 Discusión

Se trabajó con una investigación descriptiva y cualitativa para detallar las características y ciclo de vida de la Taenia solium. Además de que es de índole cuantitativa porque, posterior al empleo de la encuesta para evaluar el grado de conocimiento de los propietarios de las tenencias artesanales con respecto a la cisticercosis, se tabularon los resultados para obtener conclusiones más precisas.

Tiene un carácter prospectivo debido a que se busca ejecutar un plan de capacitación destinada a los habitantes de zonas rurales, que se estarán realizando en años posteriores con la debida investigación realizada en ese transcurso de tiempo.

Para la elaboración de la encuesta, se desarrollaron un total de 11 preguntas destinadas a 26 propietarios de porcinos, donde se buscó evaluar el nivel de conocimiento sobre las enfermedades porcinas, especialmente parasitarias, y sobre los cuidados respectivos de los animales.

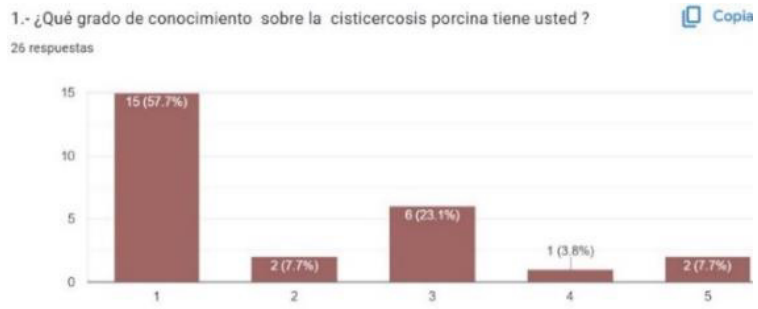


Figura 2: Grado de conocimiento de la cisticercosis porcina

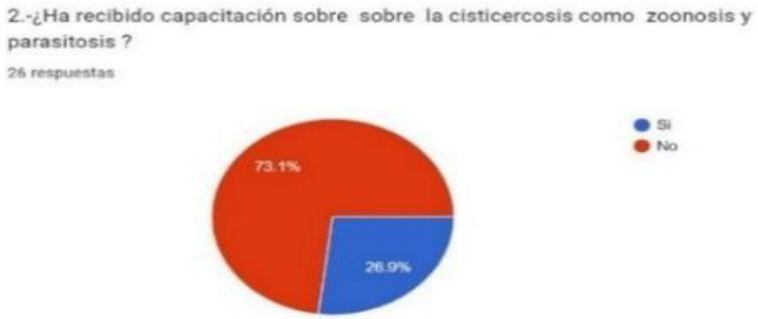


Figura 3: Capacitaciones sobre zoonosis.

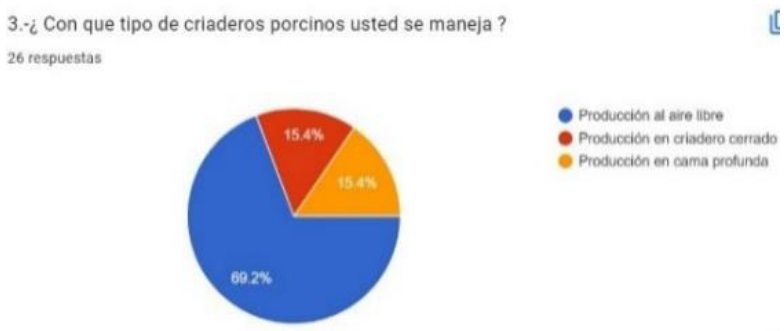


Figura 4: Tipos de criaderos porcinos.

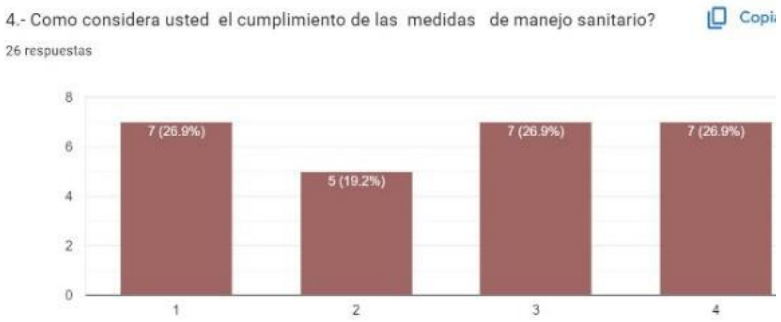


Figura 5: Medidas de manejo sanitario

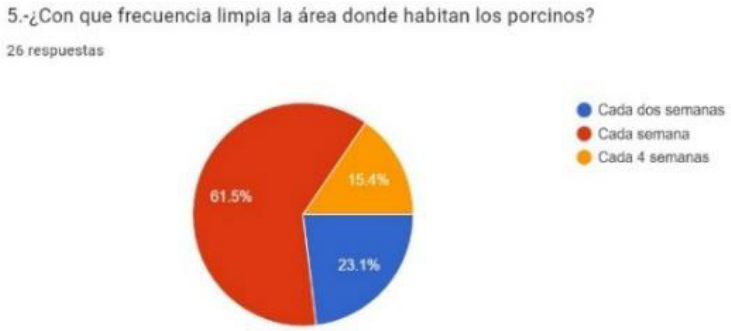


Figura 6: Frecuencia de limpieza.

Figura 7: Métodos de desinfección.

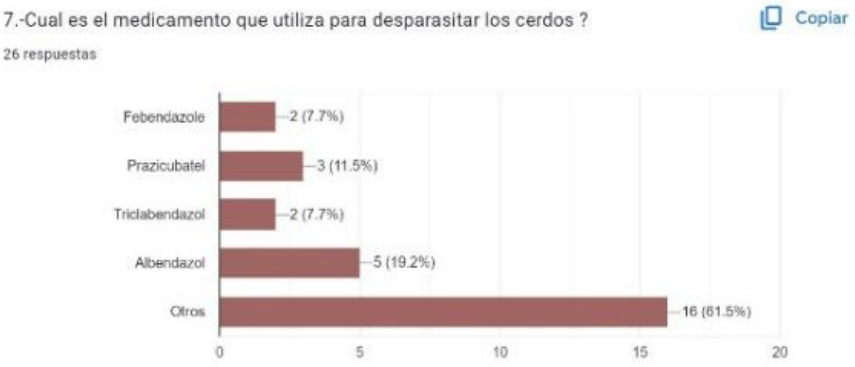


Figura 8: Medicamentos desparasitantes.

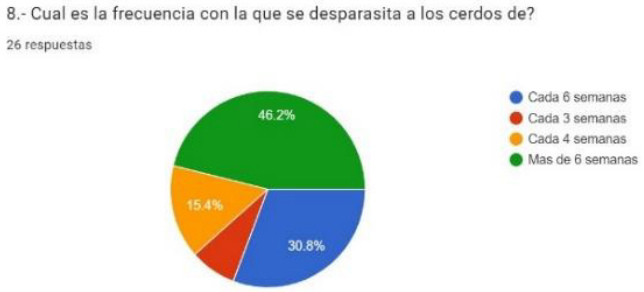


Figura 9: Frecuencia de desparasitación en cerdos.

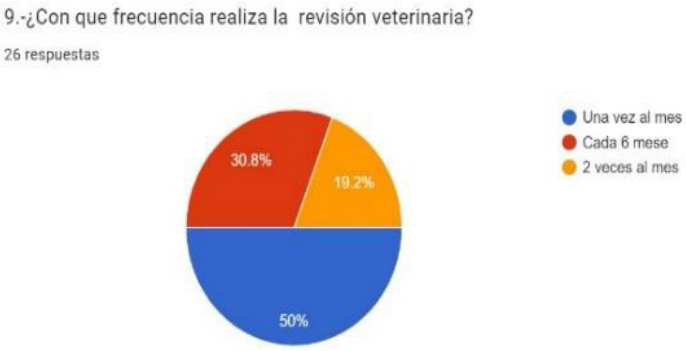


Figura 10: Revisión veterinaria.

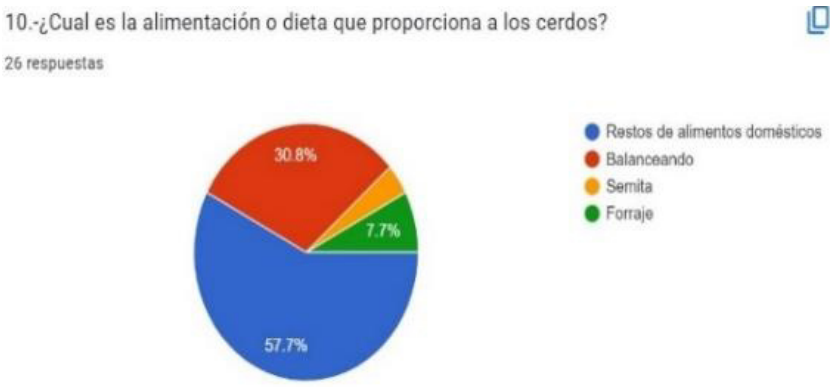


Figura 11: Alimentación de los cerdos.

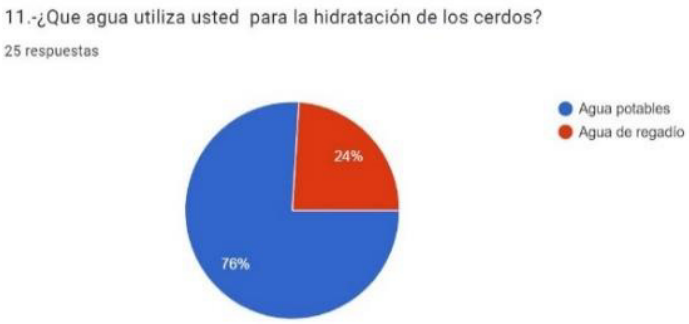


Figura 12: Hidratación de los cerdos.

Tras realizar la encuesta, se observó que, aunque la mayoría de los encuestados tiene algún conocimiento sobre la cisticercosis, muy pocos han participado en capacitaciones que expliquen su naturaleza como enfermedad zoonótica. Esto ha llevado a una subestimación de la importancia y del cuidado necesario para proteger a los cerdos y evitar el contagio a los seres humanos.

Además, es importante destacar que predominan las tenencias al aire libre, donde hay un manejo sanitario adecuado en términos de desinfección de las áreas. Sin embargo, resulta preocupante que no se estén utilizando los desparasitantes apropiados para cuidar la salud de los animales, especialmente considerando que su principal fuente de alimento son los restos de comida doméstica.

La presente investigación realizó una evaluación de la vulnerabilidad a cisticercosis porcina en zonas rurales del sector Picaihua, causas y consecuencias de la cisticercosis en poblaciones porcinas, así como los tratamientos adecuados. Este documento tiene como objetivo resumir y analizar los aspectos más relevantes de este parásito para el conocimiento de los lectores. Sin embargo, el enfoque principal está dirigido a los propietarios de granjas rurales, ya que son ellos quienes tienen la responsabilidad del manejo adecuado de los cerdos para su posterior venta en el sector alimentario.

Con esto en mente, se propone ofrecer capacitaciones a estas personas, en su mayoría residentes de zonas rurales. Es importante mencionar que, aunque muchos de los artículos analizados para la investigación se refieren principalmente a granjas industrializadas, que cuentan con un mejor cuidado y tratamiento para la cisticercosis, en este trabajo se ha optado por no incluir esos datos. En su lugar, se ha dado prioridad a las tenencias artesanales en el ámbito rural, donde las prácticas de cuidado y tratamiento son significativamente diferentes.

A través de diversos repositorios de información, se ha observado que la situación de cisticercosis en el país no difiere mucho de la de otros países latinoamericanos. Además de Ecuador, naciones como Perú, Colombia, México y Chile han reportado varios casos de teniasis en humanos, atribuibles a un manejo inadecuado de la producción porcina. Por esta razón, el plan propuesto a largo plazo también se implementará en los países vecinos, con el objetivo de reducir esta problemática en toda Latinoamérica.

5 Conclusión

La implementación del método neutrosófico en esta investigación ha permitido llevar a cabo una evaluación sobre la vulnerabilidad a cisticercosis porcina en zonas rurales del sector Picaihua. La cisticercosis es una enfermedad extremadamente peligrosa que representa un problema de salud pública, ya que se considera una zoonosis. Por lo tanto, es fundamental cuidar la salud de los cerdos y mantenerlos en condiciones limpias para prevenir la ingesta de los huevos de Taenia solium, los cuales pueden transmitirse a los humanos, ocasionando graves problemas de salud.

Muchas personas en áreas rurales carecen del conocimiento sobre la cisticercosis en cerdos, lo que resulta en una falta de medidas sanitarias y pone en riesgo a los consumidores de carne. Este desconocimiento se puede atribuir, en gran parte, a la limitada conectividad a Internet. Por ello, se recomienda llevar a cabo charlas informativas que aborden este tema, de manera que la información llegue de forma efectiva a los oyentes.

A pesar de que los propietarios de granjas porcinas artesanales mantienen una adecuada limpieza en sus instalaciones, las encuestas realizadas han revelado que las medicaciones desparasitantes empleadas no son las más adecuadas para asegurar la salud de los cerdos. Este es un aspecto crucial que debe ser considerado en los planes de capacitación.

Referencias

[1] R. Rodríguez-Hidalgo, and W. Benítez-Ortiz, "La cisticercosis porcina en América Latina y en el Ecuador," *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria,* vol. 8, no. 11, pp. 0, 2007.

[2] V. Argueta, B. Rodas, and R. Orozco, "Neurocisticercosis en Guatemala," *Revista española de patología,* vol. 47, no. 3, pp. 137-141, 2014.

[3] M. Gonzáles Escobar, and V. Santana Juaréz, "Riesgo para la salud derivado el uso de agroquímicos en la actividad florícola de la localidad de San Lorenzo Tlacotepec, municipio de Atlacomulco, México," 2014.

[4] G. Arroyo, J. A. Bustos, J. F. Calcina, L. Gallegos, A. Vargas-Calla, L. A. Gomez-Puerta, T. Lopez, R. H. Gilman, H. H. Garcia, and A. E. Gonzalez, "Eficacia de dos formulaciones de oxfendazol producidas localmente para el tratamiento de la cisticercosis en cerdos infectados naturalmente," *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica,* vol. 38, pp. 296-301, 2021.

[5] P. Agudelo-Flórez, B. N. Restrepo, and L. G. Palacio, "Conocimiento y Prácticas sobre Teniasis-cisticercosis en una Comunidad Colombiana," *Revista de salud pública,* vol. 11, no. 2, pp. 191-199, 2009.

[6] J. C. GIRALDO FORERO, M. RIAÑO RODRÍGUEZ, and L. R. VÁSQUEZ ARTEAGA, "Determinación de la seroprevalencia de cisticercosis porcina e identificación de teniasis humana en personas criadoras de cerdos en el área urbana del municipio de Coyaima Tolíma," *Revista Med,* vol. 25, no. 1, pp. 31-45, 2017.

[7] F. Smarandache, “Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[8] J. Montero, D. Gómez, V. López, R. Tinguaro, and V. Begoña, “Sobre funciones y reglas de agregación,” *XV Congreso Español Sobre Tecnologías y Lógica Fuzzy*, 2010.

[9] R. Mesiar, L. Šipeky, P. Gupta, and J. LeSheng, “Aggregation of OWA operators,” *IEEE Transactions on Fuzzy Systems,* vol. 26, no. 1, pp. 284-291, 2017.

[10] J. M. Merigó, D. Palacios-Marqués, and P. Soto-Acosta, “Distance measures, weighted averages, OWA operators and Bonferroni means,” *Applied Soft Computing,* vol. 50, pp. 356-366, 2017.

[11] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[12] O. U. Lenz, D. Peralta, and C. Cornelis, “Scalable approximate FRNN-OWA classification,” *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2019.

[13] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[14] W. L. S. Álava, A. R. Rodríguez, R. G. Rodríguez, and O. M. Cornelio, “La neuroeducación en la formación docente,” *Revista Científica de Innovación Educativa y Sociedad Actual" ALCON",* vol. 4, no. 1, pp. 24-36, 2024.

[15] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, “A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data,” *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[16] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[17] R. R. Yager, “OWA aggregation with an uncertainty over the arguments,” *Information Fusion,* vol. 52, pp. 206-212, 2019.

[18] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[19] F. Smarandache, “Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[20] F. Smarandache, S. Broumi, P. K. Singh, C.-f. Liu, V. V. Rao, H.-L. Yang, I. Patrascu, and A. Elhassouny, "Introduction to neutrosophy and neutrosophic environment," *Neutrosophic Set in Medical Image Analysis*, pp. 3-29: Elsevier, 2019.

[21] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, “Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference),” *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

[22] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, “Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[23] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[24] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, “Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación,” *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[25] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, “Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador,” *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[26] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, “Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI,” *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[27] S. Broumi, and F. Smarandache, “Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets,” *Infinite Study*, 2014.

[28] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, “On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis,” *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[29] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, “m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis,” *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.

[30] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, “Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional,” *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.

[31] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[32] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[33] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[34] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[35] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[36] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[37] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 21, 2025. Aceptado: marzo 11, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para la recomendación sobre sistemas adhesivos y su gold estándar

Neutrosophic method for the recommendation of adhesive systems and their gold standard

Mario Andrés Fuertes Paguay [1], Lessly Denisse Iza Campaña [2], and Alejandra Abigail Molina Lozada [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.mariofp47@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. lesslydic64@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. alejandraaml77@uniandes.edu.ec

Resumen. La presente investigación se centra en los sistemas adhesivos disponibles en el mercado ecuatoriano, materiales esenciales en la odontología restauradora y adhesiva, utilizados en restauraciones, carillas y coronas. Estos adhesivos se clasifican por generaciones según su composición y evolución, donde las últimas generaciones buscan simplificar su aplicación. A pesar de estas mejoras, los adhesivos de cuarta generación aún se consideran el gold estándar por su eficacia en la adhesión a esmalte y dentina. El objetivo principal de esta investigación es desarrollar un método neutrosófico para la recomendación de sistemas adhesivos y su gold estándar. Para lograrlo, se analizarán y compararán los diversos sistemas adhesivos disponibles, considerando la complejidad inherente a la selección del adhesivo adecuado para cada procedimiento. Integrar los Números Neutrosóficos de Valor Único permitirá abordar la incertidumbre y la vaguedad en la evaluación de las propiedades y el rendimiento de los adhesivos, optimizando así la toma de decisiones en la práctica odontológica y facilitando una selección más informada y precisa.

Palabras Claves: sistema de recomendación, números neutrosóficos, sistemas adhesivos, restauraciones.

Abstract. The present research focuses on the adhesive systems available in the Ecuadorian market, essential materials in restorative and adhesive dentistry, used in restorations, veneers and crowns. These adhesives are classified by generations according to their composition and evolution, where the latest generations seek to simplify their application. Despite these improvements, fourth-generation adhesives are still considered the gold standard for their effectiveness in adhesion to enamel and dentin. The main objective of this research is to develop a neutrosophic method for the recommendation of adhesive systems and their gold standard. To achieve this, the various adhesive systems available will be analyzed and compared, considering the inherent complexity in the selection of the appropriate adhesive for each procedure. Integrating the Neutrosophic Single Value Numbers will allow to address uncertainty and vagueness in the evaluation of adhesive properties and performance, thus optimizing decision making in dental practice and facilitating a more informed and accurate selection.

Keywords: recommendation system, neutrosophic numbers, adhesive systems, restorations

1 Introducción

En las últimas décadas, la odontología restauradora ha experimentado avances notables en la rehabilitación de tejidos dentarios afectados por lesiones cariosas, fracturas, desgastes y pérdida de estructura, buscando devolver la funcionalidad y estética dental [1]. Un pilar fundamental para el éxito de estos tratamientos, incluyendo la cementación de carillas, coronas e incrustaciones, reside en los sistemas adhesivos [2]. La unión a los tejidos dentales implica la manipulación de la superficie de los dientes para facilitar la adhesión de resinas, creando una capa híbrida que involucra tanto el diente como la resina. Lograr esta unión entre los sistemas adhesivos y los sustratos dentales, como el esmalte y la dentina, representa un desafío debido a las diferencias en su composición y estructura [3,35].

La introducción del grabado ácido en el esmalte por Buonocore en 1955 marcó un hito en el desarrollo de técnicas adhesivas [2]. A pesar de las evoluciones y simplificaciones, esta técnica sigue siendo considerada el

"gold standard" en la unión al esmalte. No obstante, la adhesión a la dentina es más compleja debido a sus características histológicas y a las variables topográficas y fisiopatológicas. La clasificación de los sistemas adhesivos ha variado, considerando generaciones, número de pasos clínicos y modos de acción.

Tradicionalmente, los adhesivos dentales se han clasificado por generaciones, un sistema cronológico comúnmente utilizado por los fabricantes. Las primeras generaciones ya no se utilizan debido a fallos en la unión. Si bien los fabricantes han desarrollado adhesivos simplificados, los adhesivos de cuarta generación de tres pasos, con grabado ácido, siguen siendo populares y ofrecen ventajas según la situación clínica y la experiencia del profesional [4]. La búsqueda de simplificación ha llevado a la unión del primer y el adhesivo en la quinta generación, y a la creación de adhesivos autograbables en la sexta generación. La séptima generación introdujo los adhesivos "*all in one*" de un solo paso, mientras que la octava generación o universales contienen rellenos nanométricos y monómeros para reducir la sensibilidad postoperatoria y permitir su uso en esmalte y dentina [5].

Los sistemas adhesivos de grabado y enjuague (ER) utilizan ácido fosfórico para tratar el esmalte y la dentina, dividiéndose en sistemas de tres o dos pasos según la inclusión de un paso de imprimación. Se considera que los sistemas ER mejoran la eficacia de la unión del esmalte y eliminan factores que inhiben la unión. En contraste, los sistemas adhesivos de autograbado (SE) crean una unión mediante una reacción química entre la hidroxiapatita y los monómeros de resina, generando una sal de calcio insoluble. Los adhesivos universales, ampliamente aceptados por su simplicidad, pueden utilizarse tanto en modo ER como SE, ofreciendo versatilidad y consistencia en la fuerza de unión a la dentina [6,36].

Los adhesivos de sexta generación son autograbantes de dos pasos, donde el primer frasco contiene el primer ácido hidrófilo y el segundo, el bond hidrófugo. En contraste, los adhesivos de séptima generación son autograbantes de un solo paso, combinando en un único frasco el primer acídico con el bond para simplificar la técnica. La octava generación, también conocida como adhesivos universales o multimodo, se caracteriza por presentar un único frasco que contiene monómeros funcionales hidrófilos e hidrófugos, permitiendo su uso como adhesivos de grabado total, autograbantes o con grabado selectivo del esmalte [7].

El esmalte dental, tejido duro y mineralizado que recubre la corona dental, está compuesto principalmente por cristales de hidroxiapatita. Su estructura puede ser prismática o aprismática, siendo el esmalte aprismático más delgado y menos ordenado, lo que puede afectar su respuesta al acondicionamiento ácido. El esmalte no es uniformemente duro, siendo más resistente en la superficie y menos hacia el límite con la dentina, y su proceso de adhesión se basa en el grabado ácido superficial, que disuelve áreas de los prismas y del esmalte interprismático, formando microporosidades que facilitan la unión adhesiva retentiva con los materiales de resina [8].

La dentina, el tejido más voluminoso del diente, está compuesta por una matriz mineralizada y túbulos dentinarios que contienen procesos odontoblásticos. Su matriz inorgánica está compuesta principalmente por cristales de hidroxiapatita, mientras que la matriz orgánica está compuesta por colágeno tipo I, proteínas no colágenas y agua. La dentina es permeable debido a la presencia de túbulos dentinarios, lo que influye en la sensibilidad dental y la adhesión de biomateriales. Durante los tratamientos dentales, se forma una capa superficial conocida como barrillo dentinario, que puede eliminarse o modificarse mediante el grabado superficial, permitiendo la penetración de los componentes del sistema adhesivo y estableciendo una unión adhesiva retentiva [9,37].

Entre las causas de fracasos en las restauraciones adhesivas se encuentran la posición del contorno cervical, la presencia de bases cavitadas, el número de pasos en el proceso adhesivo, la caries secundaria, el secado excesivo de la dentina, la presión digital durante la adhesión, la extensión de la lesión, la contaminación con saliva, el espesor mínimo de la restauración cerámica, la translucidez, el color del cemento, la carga masticatoria y la microfiltración [10]. El agua juega un papel crucial en la degradación de la interfaz entre la resina y la dentina, debido a la naturaleza hidrofílica de los monómeros y a la técnica húmeda utilizada [11,38].

Debido a estos factores, se definió como objetivo principal de esta investigación desarrollar un método neutrosófico para la recomendación de sistemas adhesivos y su gold estándar. Para nutrir el método se analizarán y compararán los diversos sistemas adhesivos disponibles, considerando la complejidad inherente a la selección del adhesivo adecuado para cada procedimiento.

3 Materiales y métodos

La recomendación de sistemas adhesivos y su gold estándar puede ser conceptualizada como un problema de toma de decisión multicriterio debido a la compleja interacción de múltiples factores involucrados en la adhesión dental. Cada sistema adhesivo presenta características específicas que pueden influir en la efectividad de la unión, como la técnica clínica, propiedades físicas, facilidad de uso, sensibilidad postoperatoria, durabilidad y compatibilidad con distintos materiales restaurativos. Además, la variabilidad en la anatomía dental de los pacientes, las condiciones clínicas y las preferencias del profesional incrementan la complejidad del proceso decisional. Así, es necesario evaluar y ponderar estos criterios de manera holística para seleccionar la opción más adecuada en cada situación clínica particular. Este enfoque permite a los profesionales de la odontología optimizar su elección de sistemas adhesivos, asegurando resultados clínicos favorables y mejorando la calidad de atención al paciente. La toma de decisiones multicriterio, por tanto, no solo se fundamenta en la preferencia por un sistema específico, sino

en un análisis comprensivo que integra las necesidades clínicas, las características de los materiales y las expectativas del paciente. Formalmente, el problema de toma de decisiones analizado se puede representar como:

- Un conjunto de alternativas que representan los pacientes con casos de restauraciones adhesivas $A = \{A_1, \dots A_n\}, n \geq 2$ que se encuentran caracterizadas por:
- Un conjunto de criterios que influyen en la determinación del sistema adhesivo a implementar $C = \{C_1, \dots C_m\}, m \geq 2$;

3.1 Métodos Multicriterio

Los problemas de toma de decisiones pueden clasificarse según las variables involucradas en el proceso, distinguiéndose entre ambientes monocriterio y multicriterio. En un ambiente monocriterio, existe una única variable que determina el comportamiento en el análisis de alternativas, lo que genera una relación directa y clara entre esa variable y el resultado esperado [12]. En este contexto, se cumple la condición p → q, donde *p* representa el estado de la variable objeto de estudio y *q* es el resultado derivado de dicha variable. Esto implica que cualquier valor que adopte la variable tendrá un impacto positivo o negativo en la consecución del objetivo o la elección de la alternativa. Esta simplicidad en la relación permite a los decisores identificar rápidamente las implicaciones de sus elecciones, facilitando el proceso de decisión. Sin embargo, esta estructura también limita la consideración de otros factores relevantes que podrían influir en el resultado, lo cual es un aspecto que puede ser crucial en situaciones más complejas, donde múltiples variables interactúan de manera significativa [13,39]. En consecuencia, aunque el enfoque monocriterio puede ser útil en problemas simples, a menudo no refleja la realidad de decisiones más complejas que requieren un análisis más profundo y un enfoque multicriterio.

Los operados de agregación representan un método de inferencia en el que sus funciones matemáticas son utilizadas en los procesos de toma de decisiones [14, 15] y combinan valores (x, y) en un dominio D y devuelven un valor único. Dentro de los principales operadores para la agregación de información se encuentra la media aritmética y media ponderada, tal como se define a continuación:

Definición 1. Un operador WA tiene asociado un vector de pesos V, con $v_i \in [0,1]$ y $\sum_1^n v_i = 1$, expresado de la siguiente forma:

$$WA(a_1, .., a_n) = \sum_{i=1}^{n} v_i a_i \quad (1)$$

Donde v_i representa la importancia de la fuente a_i.

Un operador de agregación de información *Ordered Weighted Averaging,* (OWA por sus siglas en Inglés), Media Ponderada Ordenada [16], permite unificar los criterios clásicos de decisión de incertidumbre en una expresión [17].

3.2 Números Neutrosóficos de Valor Único

La Neutrosofía es una rama de la filosofía introducida por Florentin Smarandache en 1980. Estudia la neutralidad, es decir, la falta de pertenencia o no pertenencia a un conjunto [18]. Representa las bases para una serie de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [19]. La definición original de valor de verdad en la lógica neutrosófica es mostrado a continuación [19]:

Definición 2. Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0,1]\}cn$, una valuación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene:

$$v(p) = (T, I, F) \quad (2)$$

Con el propósito facilitar la aplicación práctica a problema de toma de decisiones y de la ingeniería se realizó la propuesta de los conjuntos Neutrosóficos de Valor Único (SVN) [20] los cuales permiten el empleo de variables lingüísticas [21] lo que aumenta la interpretabilidad en los modelos de recomendación y el empleo de la indeterminación [22, 23].

Definición 3. Sea X un universo de discurso. Un SVN sobre X es un objeto de la forma.

$$A = \{\langle x, u_A(x), r_A(x), v_A(x)\rangle : x \in X\}d \quad (3)$$

Donde $u_A(x): X \rightarrow [0,1]$, $r_A(x), : X \rightarrow [0,1]$ y $v_A(x): X \rightarrow [0,1]$ con $0 \leq u_A(x) + r_A(x) + v_A(x) :\leq 3$ para todo $x \in X$. El intervalo $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$ denotan las membrecías a verdadero, indeterminado y falso de x en A, respectivamente. Por cuestiones de conveniencia un número SVN será expresado como $A = (a, b, c)$, donde a, b, $c \in [0,1]$, y $+ b + c \leq 3$

4 Método para la recomendación sobre sistemas adhesivos y su gold estándar

El método neutrosófico para la recomendación de sistemas adhesivos se presenta como una herramienta fundamental debido a su capacidad para manejar la incertidumbre y la ambigüedad inherentes en la toma de decisiones

clínicas. Este enfoque permite evaluar un conjunto de alternativas, $A=\{A_1,\ldots A_n\}$, que corresponden a diferentes casos de restauraciones adhesivas en los pacientes. Cada alternativa se caracteriza mediante un conjunto de criterios, $C=\{C_1,\ldots C_m\}$, que influyen de manera significativa en la elección del sistema adhesivo a implementar. La consideración de múltiples criterios es esencial, ya que estos pueden abarcar factores como la biocompatibilidad, la resistencia a la tracción, la facilidad de aplicación, y otros aspectos técnicos y clínicos que impactan directamente en el éxito de la restauración. Al integrar el método neutrosófico, se logra una evaluación más rica y matizada, que toma en cuenta no solo las preferencias explícitas de los profesionales de la salud, sino también la naturaleza difusa y a menudo contradictoria de la información disponible, ofreciendo así recomendaciones que se alinean mejor con las necesidades individuales de los pacientes y las características específicas de cada caso.

El método está diseñado para gestionar el flujo de trabajo del proceso de inferencia en general, realiza tres subprocesos: entrada, procesamiento y salida de información. La Figura 1 muestra un esquema que ilustra el funcionamiento general del método.

Figura 1: Estructura general del funcionamiento para el método propuesto.

4.1 Descripción de las etapas del método

Entradas: La entrada de información permite la introducción de los diferentes datos que son necesarios en el proceso de toma de decisiones. Los datos representan la principal fuente de información a ser utilizada en la etapa de procesamiento.

- Criterios: Los criterios son los factores que guiarán la evaluación del sistema adhesivo a implementar. Por ejemplo, en el contexto de restauraciones dentales, los criterios pueden incluir la biocompatibilidad, la resistencia a la humedad, la facilidad de uso y el costo. La diversidad de criterios permite que el proceso de decisión sea más exhaustivo y personalizado a la hora de valorar las diferentes opciones de sistemas adhesivos que pueden ser seleccionados para el tratamiento. Por ejemplo: adhesivo de resina compuesta, adhesivo de polímero, o adhesivo de vidrio ionómero.
- Alternativas: Las alternativas son el conjunto de casos de restauración a analizar.
- Preferencias: Este componente representa las prioridades de los expertos en relación con los criterios seleccionados.

Procesamiento de información: Representa la capacidad del método para ejecutar cálculos matemáticos a partir de un método de inferencia utilizado que ejecuta una secuencia de operaciones. El procesamiento es la característica que permite la transformación de datos almacenados en información organizada con un objetivo específico [24]. En esta fase, se llevan a cabo varios subprocesos para evaluar las entradas:

1. Selección de los criterios evaluativos: Se determina cuáles criterios serán relevantes para el caso específico del paciente. Esto podría implicar la asignación de pesos a los criterios, dependiendo de su importancia relativa.
2. Determinación de los perfiles de los pacientes: Se analizan las características particulares de cada paciente, como la edad, el historial dental y cualquier condición médica preexistente que pueda influir en la elección del adhesivo.
3. Evaluación y clasificación del sistema adhesivo a implementar: Se utilizan métodos neutrosóficos para combinar las preferencias, criterios y alternativas, generando una evaluación cuantitativa que clasifica los sistemas adhesivos según su adecuación para cada paciente. Por ejemplo, se podría encontrar que el adhesivo de polímero tiene la mayor puntuación en biocompatibilidad y costo, mientras que el adhesivo de resina compuesta destaca en resistencia a la humedad.

Salidas: garantiza la representación del resultado generado a partir del procesamiento realizado. Permite devolver

el comportamiento de las alternativas a partir del proceso de inferencia realizado mediante las variables objeto de estudio.

1. Clasificación: Se proporciona una lista ordenada de los sistemas adhesivos evaluados, desde el más adecuado hasta el menos recomendable. Por ejemplo:
   - 1° (Adhesivo de polímero)
   - 2° (Adhesivo de resina compuesta)
   - 3° (Adhesivo de vidrio ionómero)
2. Recomendaciones: A partir de la clasificación, se emiten recomendaciones específicas para el profesional de la salud. Esto podría incluir una sugerencia de uso del adhesivo de polímero para el paciente con ciertas condiciones, o la indicación de una revisión adicional del caso en situaciones donde las alternativas son igualmente viables.

Ejemplo

Suponga que para un paciente joven con un historial dental saludable (Perfil del paciente), el experto ha determinado los siguientes criterios: biocompatibilidad (peso 0.5), resistencia a la humedad (peso 0.3) y costo (peso 0.2). Las evaluaciones de las alternativas se realizan, y se concluye que el adhesivo de polímero resulta ser la mejor opción siguiendo el proceso descrito, destacándose en todos los criterios. Así, el método neutrosófico permite tomar decisiones informadas y basadas en datos que consideran las realidades complejas de la práctica clínica dental.

4.2 Flujo de trabajo del método

El flujo de trabajo describe la interacción de las diferentes entidades que intervienen en el método, garantiza la representación de términos lingüísticos y la indeterminación mediante números SVN. El flujo de trabajo está compuesto por cuatro actividades: (i) identificación de los criterios evaluativos; (ii) determinación de los perfiles de pacientes; (iii) evaluación y clasificación del sistema adhesivo; y (iv) la generación de recomendaciones. Estas actividades soportan el proceso de toma de decisiones del método [25,40]. A continuación se describen cada una de ellas:

Identificación de los criterios: los criterios son el conjunto de características que describen el caso de restauración. Representan la base de indicadores evaluativos sobre el cual se conforma el perfil C_i.

Determinación del perfil del paciente: el perfil se obtiene de forma directa mediante criterios de expertos.

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \tag{4}$$

Las valoraciones de las características de los casos a_j, serán expresadas utilizando la escala lingüística S, $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de términos lingüísticos definidos para evaluar la característica c_k utilizando los números SVN [26-29]. La descripción de las características está asociada al conjunto de casos restauración que representan las alternativas del proceso[30, 31].

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \tag{5}$$

Evaluación y clasificación: para la evaluación y clasificación de los casos mediante números SVN [32, 33], se tiene:

Sea:

$A^* = (A_1^*, A_2^*, .., A_n^*)$ sea un vector de números SVN,

tal que:

$A_j^* = (a_j^*, b_j^*, c_j^*)$,

j=(1,2, … , n),

$B_i = (B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im})$ (i = 1,2, … , m), sean m vectores de n SVN números.

tal que y $B_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$($i$ = 1,2, … , m), (j = 1,2, … , n) entonces la distancia euclidiana es definida como. Las B_i y A^* resulta [33]:

$$d_i = \left(\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}\left\{\left(|a_{ij}-a_j^*|\right)^2+\left(|b_{ij}-b_j^*|\right)^2+\left(|c_{ij}-c_j^*|\right)^2\right\}\right)^{\frac{1}{2}} \tag{6}$$

(i = 1,2, … , m)

A partir de esta distancia euclidiana se puede definir una medida de similitud [34], [21]. En la medida en que la alternativa se A_i se encuentra más semejante perfil del caso (s_i) mejor será esta, permitiendo establecer un orden entre alternativas. La obtención de las preferencias de las alternativas se hace a partir de la evaluación que se obtiene del comportamiento de los indicadores donde:

$$\boldsymbol{A}_i\left[F_{a_j}\right] = \left[Pre_y\right] \tag{10}$$

Para cada alternativa A que posee un perfil F_{a_j} se le hace corresponder un conjunto de preferencias Pre_y que

una sobre el comportamiento del caso de rehabilitación de los tejidos dentarios afectados, donde:

$[Pre_y]$: es el arreglo resultante como preferencia de las alternativas respecto a un conjunto de indicadores $Pre \in \mathbb{N}, [0,1]$. El valor de $\mathrm{Pre_y}$.

Para el proceso de inferencia sobre la recomendación del sistema adhesivo a implementar, se parte de:

$$\boldsymbol{A}_i = [Pre_y, W_z] \tag{11}$$

Donde:

Pre_y: representa el conjunto de preferencia sobre $\boldsymbol{A}_i$.

W_z : representa el vector de peso referido por $_z$.

El proceso de evaluación se realiza mediante el método multicriterio WA. El conjunto de recomendaciones están asociadas al resultado obtenido en la evaluación a partir del cual es calculada la similitud entre el perfil de los pacientes y es ordenada de acuerdo a la similitud obtenida. La mejor evaluación será aquella que mejor satisfaga las necesidades del perfil con mayor similitud.

5 Resultados y discusión

La presente sección describe un ejemplo para demostrar la aplicabilidad del método neutrosófico para la recomendación sobre sistemas adhesivos y su gold estándar. El ejemplo presenta los elementos fundamentales sintetizados para facilitar la comprensión de los lectores. Para aplicar del método multicriterio WA, se estructuran los criterios evaluativos del problema y las alternativas objeto de estudio. A partir del comportamiento de los indicadores se obtienen las preferencias para evaluar las alternativas y realizar el proceso de clasificación. El objetivo es evaluar las preferencias sobre los indicadores que representa la recomendación sobre el uso del sistema adhesivo adecuado. Los criterios evaluativos son representados por los principales indicadores de calidad.

Los expertos expresan la valoración del cumplimiento de los criterios mediante la valoración neutrosófica. Los atributos se formulan en la escala lingüística presentada en la Tabla 1, sustituyendo sus términos lingüísticos equivalentes.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [33].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

El problema es modelado mediante el conjunto de casos de pacientes con necesidades de rehabilitación de los tejidos dentarios afectados, que representan las alternativas tal como se refiere a continuación: $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7\}$; que son descritos por el conjunto de atributos que representan los criterios evaluativos $C = \{c_1, c_2, c_3, c_{4,} c_5\}$ que se listan en la tabla 2.

Tabla 2. Criterios evaluativos.

ID	Criterio	Descripción
c_1	Biocompatibilidad y toxicidad	El sistema adhesivo debe ser biocompatible y no causar reacciones adversas en los tejidos dentales y pulpares, así como en los tejidos blandos circundantes.
c_2	Propiedades mecánicas	Evalúa la fuerza de unión que se necesita para soportar las cargas funcionales a las que se someterán las restauraciones. Esto incluye la resistencia a la tracción y la compresión.
c_3	Tipo de restauración	Considera el tipo de restauración que se va a realizar (composite, cerámica, metal) y su compatibilidad con el sistema adhesivo. Algunas resinas compuestas tienen mejores resultados con ciertos adhesivos.

ID	Criterio	Descripción
c_4	Humedad del campo operativo	Determinar si la superficie dental estará seca o húmeda durante la aplicación del adhesivo. Algunos sistemas requieren un campo seco, mientras que otros son más tolerantes a la humedad.
c_5	Condición del tejido dentario	Evalúa el grado de destrucción dental y el tipo de tejido que se rehabilitará (esmalte, dentina o ambos). Esto permitirá seleccionar un sistema adhesivo compatible con las propiedades del tejido remanente.

La Tabla 3 muestra la vista de datos utilizadas para el presente caso de estudio.

Tabla 3: Vista de datos de los casos de pacientes con necesidades de rehabilitación de los tejidos dentarios.

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
a_1	MD	MB	MMB	B	MB
a_2	MB	B	MMB	B	B
a_3	MB	M	MMB	MB	MB
a_4	MD	M	MB	M	M
a_5	M	M	MMB	B	M
a_6	B	MB	MB	MMB	MB
a_7	M	M	M	B	M

Si un especialista u_e, desea recibir las recomendaciones del modelo, deberá proveer información al mismo expresando sus preferencias. En este caso:

$$P_e = \{\mathrm{M}, \mathrm{M}, \mathrm{MMB}, \mathrm{B}, \mathrm{M}\}$$

El siguiente paso del ejemplo, es el cálculo de la similitud entre el perfil de casos y los almacenados en la base de datos.

Tabla 4: Similitud entre los casos almacenados y las características del paciente suministradas por el especialista.

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
0.20	0.25	0.15	0.40	0.95	0.15	0.80

Para el proceso de generación de recomendaciones, se recomiendan aquellos que más se acerquen al perfil del caso en proceso, posteriormente se realiza un ordenamiento de los perfiles.

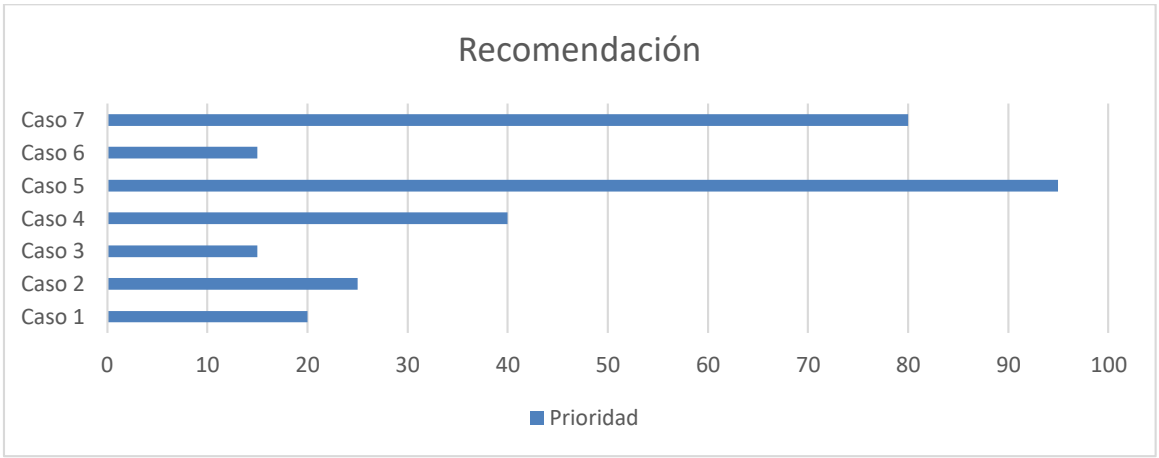


Figura 2: Ordenamiento de los perfiles.

A partir de esta comparación, los perfiles de casos de pacientes que han sido atendidos con un sistema adhesivo específico, son expresados mediante el siguiente orden de prioridad.

$$\{a_5, a_7, a_4\}$$

El modelo propuesto recomendará los dos casos más cercanos. Las recomendaciones están formadas por:

$$a_5, a_7$$

A partir del resultado, el perfil que mejor evaluación posee para representar la propuesta de evaluación óptima es a_3 que corresponde con un sistema de cuarta generación. Los resultados del sistema de recomendaciones implementado, resultan fundamentales para optimizar la elección de sistemas adhesivos en odontología. Al ofrecer un enfoque estructurado y basado en evidencia, permite a los profesionales tomar decisiones más informadas sobre qué adhesivo utilizar según las características específicas del procedimiento, la condición del tejido dental afectado y las propiedades mecánicas requeridas. Esto no solo mejora la eficacia de las restauraciones dentales, sino que también contribuye a la durabilidad y al éxito a largo plazo de los tratamientos, minimizando complicaciones y garantizando resultados más predecibles.

6 Discusión

El objetivo principal de la adhesión dental es generar una unión fuerte y duradera que asegure la retención del material restaurador, minimice problemas como la microfiltración y las caries secundarias, y reduzca el estrés por contracción. Estos objetivos son particularmente relevantes en el contexto de los procedimientos más conservadores que buscan preservar el tejido dental [2]. La diferenciación entre los tipos de tejido dental y el comportamiento de las distintas generaciones de adhesivos, como los de grabado ácido y autograbado, es crucial para una correcta elección [9].

La evidencia de diversos estudios resalta que los sistemas de grabado ácido, especialmente de cuarta generación, tienden a exhibir una resistencia adhesiva superior en comparación con los autoadhesivos, lo que sugiere una preferencia por estos en restauraciones indirectas. A pesar de las limitaciones que presentan los sistemas de autograbado en términos de desmineralización y penetración, su simplicidad y la reducción de pasos críticos pueden ser ventajas en ciertas situaciones clínicas [1]. Comparaciones entre estudios indican que, aunque los adhesivos universales de octava generación ofrecen versatilidad, el rendimiento puede variar significativamente dependiendo del método de aplicación y las condiciones de almacenamiento a largo plazo [2].

Por ejemplo, la evidencia sugiere que el uso de ácido fosfórico en la técnica de grabado mejora notablemente la resistencia al corte, alcanzando fuerzas de unión significativamente superiores a las de los métodos autograbantes, lo que pone de relieve la importancia de la técnica en el resultado final [1]. Esto es fundamental ya que la interacción entre los componentes adhesivos y la dentina depende de la correcta eliminación o modificación de la capa de barrillo dentinario, lo que a su vez permite una mejor penetración y, por ende, una unión más efectiva.

Los datos también sugieren un consenso sobre las mejores prácticas clínicas que se enfocan en la elección de adhesivos de cuarta y octava generación debido a su alta eficacia en la adhesión y menores tasas de fallo. En definitiva, nuestro sistema de recomendación debe guiar a los clínicos hacia la selección de adhesivos de acuerdo con las evidencias disponibles, priorizando aquellos que ofrecen un balance óptimo entre efectividad, técnica y conservación del tejido dental [10,41].

Los resultados del estudio evidencian una mayor fuerza de adhesión en los adhesivos de 4t generación en comparación de los autograbados, además de destacar en cuanto a su fuerza de adhesión, comparado a la 8va generación [6]. En cuanto a estos últimos adhesivos denominados también universales se denota la gran efectividad de la marca de G2-Bond Universal, este obtuvo una mayor resistencia en cuanto a los otros adhesivos universales de diferentes casas comerciales como Scotchbond, pero depende de los modos de aplicación por parte del operador.

7 Conclusión

La implementación del método basado en números neutrosóficos de valor único para generar recomendaciones sobre el uso de sistemas adhesivos y su gold estándar, ha demostrado ser efectivo para abordar la complejidad y la incertidumbre inherentes al análisis de este tema. La investigación se centró en la evaluación de los sistemas adhesivos disponibles en el mercado ecuatoriano, destacando su importancia en la odontología restauradora y adhesiva. Se clasificaron estos adhesivos por generaciones, con un enfoque particular en la eficacia de los de cuarta generación, los cuales continúan siendo considerados el gold estándar debido a su superior unión al esmalte y la dentina. A través del desarrollo del método neutrosófico para la recomendación de sistemas adhesivos, se buscó abordar la incertidumbre y complejidad en la selección del adhesivo más adecuado para cada intervención. Los resultados obtenidos evidencian que los adhesivos de cuarta generación presentan una mayor fuerza de adhesión en comparación con los sistemas autograbados y los adhesivos de octava generación, entre los cuales destaca el G2-Bond Universal, que mostró una resistencia superior frente a otros adhesivos universales de distintas marcas, siempre dependiendo de las técnicas de aplicación utilizadas por el operador. Estos hallazgos subrayan la relevancia de una selección adecuada de sistemas adhesivos, contribuyendo así a prácticas odontológicas más efectivas y seguras.

Referencias

[1] H. O. Simila, and A. R. Boccaccini, "Sol-gel bioactive glass containing biomaterials for restorative dentistry: A review," *Dental Materials,* vol. 38, no. 5, pp. 725-747, 2022.

[2] R. Bourgi, N. Kharouf, C. E. Cuevas-Suárez, M. Lukomska-Szymanska, Y. Haikel, and L. Hardan, "A literature review of adhesive systems in dentistry: Key components and their clinical applications," *Applied Sciences,* vol. 14, no. 18, pp. 8111, 2024.

[3] A. A. Khan, M. S. Zafar, M. A. Fareed, N. A. AlMufareh, F. Alshehri, H. AlSunbul, L. Lassila, S. Garoushi, and P. K. Vallittu, "Fiber-reinforced composites in dentistry–An insight into adhesion aspects of the material and the restored tooth construct," *Dental Materials,* vol. 39, no. 2, pp. 141-151, 2023.

[4] R. Ñaupari-Villasante, T. P. Matos, E. G. de Albuquerque, F. Warol, C. Tardem, F. S. Calazans, L. A. Poubel, A. Reis, M. O. Barceleiro, and A. D. Loguercio, "Five-year clinical evaluation of universal adhesive applied following different bonding techniques: A randomized multicenter clinical trial," *Dental Materials,* vol. 39, no. 6, pp. 586-594, 2023.

[5] M. H. Hussin, N. H. Abd Latif, T. S. Hamidon, N. N. Idris, R. Hashim, J. N. Appaturi, N. Brosse, I. Ziegler-Devin, L. Chrusiel, and W. Fatriasari, "Latest advancements in high-performance bio-based wood adhesives: A critical review," *Journal of Materials Research and Technology,* vol. 21, pp. 3909-3946, 2022.

[6] C. Cui, and W. Liu, "Recent advances in wet adhesives: Adhesion mechanism, design principle and applications," *Progress in Polymer Science,* vol. 116, pp. 101388, 2021.

[7] O. Vidal, T. de Paris Matos, A. Núñez, L. Méndez-Bauer, E. Sutil, R. Naupari-Villasante, M. C. Souta, M. Pitlovanciv, M. F. Gutiérrez, and A. D. Loguercio, "A universal adhesive containing copper nanoparticles improves the stability of hybrid layer in a cariogenic oral environment: An in situ study," *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials,* vol. 126, pp. 105017, 2022.

[8] A. Y. Alsaeed, "Bonding CAD/CAM materials with current adhesive systems: An overview," *The Saudi dental journal,* vol. 34, no. 4, pp. 259-269, 2022.

[9] F. S. F. de Siqueira, M. Wendlinger, L. C. R. Araújo, P. H. de Aguiar Moreira, A. F. M. Cardenas, T. S. Carvalho, A. Reis, and A. D. Loguercio, "Bonding performance of universal adhesives to eroded dentine: A 6-year evaluation," *Journal of dentistry,* vol. 136, pp. 104633, 2023.

[10] A. Tsujimoto, W. W. Barkmeier, E. C. Teixeira, T. Takamizawa, M. Miyazaki, and M. A. Latta, "Fatigue bond strength of dental adhesive systems: Historical background of test methodology, clinical considerations and future perspectives," *Japanese Dental Science Review,* vol. 58, pp. 193-207, 2022.

[11] R. Sarikaya, L. Song, E. Yuca, S.-X. Xie, K. Boone, A. Misra, P. Spencer, and C. Tamerler, "Bioinspired multifunctional adhesive system for next generation bio-additively designed dental restorations," *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials,* vol. 113, pp. 104135, 2021.

[12] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[13] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.

[14] I. Grau, and R. Grau, "Aplicación de sistemas neuroborrosos a problemas de resistencia antiviral del VIH," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 6, no. 2, 2012.

[15] K. Pérez, "Modelo de proceso de logro de consenso en mapas cognitivos difusos para la toma de decisiones en grupo," Tesis Doctoral, Facultad 4, Universidad de las Ciencias Informáticas, 2014.

[16] R. Yager, "On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics,* vol. 18, no. 1, pp. 183-190, 1988.

[17] O. M. Cornelio, B. B. Fonseca, and F. R. Marzo, "Metodología para la reutilización de la basura tecnológica en la asignatura de Arquitectura de Computadoras," *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria,* vol. 5, no. 2, pp. 183-198, 2021.

[18] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[19] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[20] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, "Single valued neutrosophic sets," *Review of the Air Force Academy*, no. 1, pp. 10, 2010.

[21] M. Y. L. Vázquez, K. Y. P. Teurel, A. F. Estrada, and J. G. González, "Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingenieria y Universidad: Engineering for Development,* vol. 17, no. 2, pp. 375-390, 2013.

[22] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[23] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[24] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Sistemas de recomendación para la toma de decisiones. Estado del arte," *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria. ISSN 2602-8166,* vol. 6, no. 1, pp. 149-164, 2022.

[25] B. B. Fonseca, and O. Mar, "Implementación de operador OWA en un sistema computacional para la evaluación del desempeño," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2021.

[26] R. G. Ortega, M. D. O. Rodríguez, M. L. Vázquez, J. E. Ricardo, J. A. S. Figueiredo, and F. Smarandache, *Pestel analysis based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers for the sinos river basin management*: Infinite Study, 2019.

[27] F. Smarandache, J. E. Ricardo, E. G. Caballero, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, *Delphi method for evaluating scientific research proposals in a neutrosophic environment*: Infinite Study, 2020.

[28] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeutroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.

[29] O. F. Von Feigenblatt, *Honor, Loyalty, and Merit: The Cultura Contemporary of the Spanish Nobility*: Ediciones Octaedro, 2022.

[30] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[31] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[32] J. Ye, "Single-valued neutrosophic minimum spanning tree and its clustering method," *Journal of intelligent Systems,* vol. 23, no. 3, pp. 311-324, 2014.

[33] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[34] K. Pérez-Teruel, M. Leyva-Vázquez, and V. Estrada-Sentí, "Mental models consensus process using fuzzy cognitive maps and computing with words," *Ingeniería y Universidad,* vol. 19, no. 1, pp. 173-188, 2015.

[35] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[36] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[37] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[38] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[39] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[40] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[41] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 21, 2025. Aceptado: marzo 11, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método multicriterio neutrosófico para evaluar el impuesto a la salida de divisas y su incidencia en el derecho al desarrollo económico de los ecuatorianos

Neutrosophic multicriteria method to evaluate the tax on foreign exchange outflows and its impact on the right to economic development of Ecuadorians

Santiago Fernando Fiallos Bonilla [1], Mayra Esthefania Gavilanez Curay [2], Rodolfo Joel Muñoz Altamirano [3], and Clara Giuliana Gómez Ojeda [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.santiagofiallos@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. mayragc12@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato Ecuador. rodolfoma43@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. clarago41@uniandes.edu.ec

Resumen. El Impuesto a la Salida de Divisas (ISD) en Ecuador fue implementado con el propósito de regular la salida de capitales, fomentar la producción nacional y mantener la liquidez en dólares. Sin embargo, su impacto en el desarrollo económico ha sido objeto de debate, mostrando resultados mixtos. Aunque se ha observado una disminución en las importaciones desde su implementación, esa tendencia también se ve influenciada por factores económicos diversos. La necesidad de análisis más profundos es esencial para entender mejor cómo el ISD afecta a la economía ecuatoriana y, especialmente, al derecho al desarrollo económico de sus ciudadanos. En este contexto, la investigación tiene como objetivo desarrollar un Método multicriterio neutrosófico que evalúe el impacto del ISD en el desarrollo económico del país. Este análisis busca proporcionar una visión integral de los efectos del impuesto, considerando tanto sus consecuencias negativas como las oportunidades de mejora en la política económica. Además, se subraya la importancia de formular políticas públicas que fomenten la inversión y el desarrollo, tales como incentivos tributarios para inversores extranjeros y un entorno de confianza y estabilidad económica. Asimismo, se hace hincapié en la evaluación cuidadosa de cualquier modificación en la política del ISD, garantizando que los cambios se realicen de manera que no comprometan el crecimiento económico de Ecuador y el bienestar de su población.

Palabras Claves: método multicriterio neutrosófico, Impuesto a la Salida de Divisas, economía ecuatoriana

Abstract. The Foreign Exchange Outflow Tax (ISD) in Ecuador was implemented with the purpose of regulating capital outflows, promoting national production and maintaining dollar liquidity. However, its impact on economic development has been the subject of debate, showing mixed results. Although a decrease in imports has been observed since its implementation, this trend is also influenced by various economic factors. The need for deeper analysis is essential to better understand how the ISD affects the Ecuadorian economy and, especially, the right to economic development of its citizens. In this context, the research aims to develop a Neutrosophic Multicriteria Method that evaluates the impact of the ISD on the country's economic development. This analysis seeks to provide a comprehensive view of the effects of the tax, considering both its negative consequences and opportunities for improvement in economic policy. In addition, the importance of formulating public policies that encourage investment and development is underlined, such as tax incentives for foreign investors and an environment of confidence and economic stability. Emphasis is also placed on careful evaluation of any changes to the ISD policy, ensuring that changes are made in a way that does not compromise Ecuador's economic growth and the well-being of its population.

Keywords: neutrosophic multicriteria method, Tax on the Exit of Foreign Currency, Ecuadorian economy

1 Introducción

El Impuesto a la Salida de Divisas (ISD), establecido en Ecuador en 2007, representa un tributo diseñado con la intención de desalentar la fuga de capitales, fomentar la inversión nacional y fortalecer la economía del país. Sin embargo, la implementación de este impuesto ha desatado un considerable debate acerca de sus efectos colaterales en la economía ecuatoriana. A lo largo de los años, la Inversión Extranjera Directa (IED) ha experimentado un marcado descenso, especialmente después de la entrada en vigor del ISD. Los inversionistas extranjeros han identificado este impuesto como uno de los principales obstáculos para sus operaciones, citando las dificultades para repatriar ganancias y el aumento en los costos operativos que este ha generado. Esta percepción ha contribuido a crear un entorno económico menos atractivo, lo que ha desalentado los planes de inversión en el país [1].

Los sectores que han sufrido las repercusiones más agudas de la implementación del ISD incluyen la manufactura, la tecnología y los servicios financieros, debido a su alta dependencia de la IED para su expansión y modernización. La carga adicional del impuesto ha frenado su crecimiento, limitando las oportunidades de desarrollo [2]. A su vez, el aumento de los costos de importación ha derivado en una reducción del volumen de productos importados, lo que también ha tenido un impacto negativo en las exportaciones. Productos clave como el banano y el cacao, así como ciertas manufacturas, han visto descensos en sus niveles de exportación, mientras que la importación de tecnología y maquinaria ha disminuido, acentuando aún más la dificultad para modernizarse [3].

En términos de comercio internacional, Ecuador ha mostrado tasas de crecimiento inferiores en comparación con países vecinos como Perú y Colombia, que no enfrentan un impuesto comparable. Esta situación ha contribuido a que Ecuador esté situado en desventaja, presentando un entorno menos favorable para el comercio exterior. Al mismo tiempo, el ISD ha aumentado los precios de bienes importados, lo cual ha provocado un incremento en la inflación y, consecuentemente, un encarecimiento del costo de vida para los consumidores [4]. Los ciudadanos han sentido el impacto en su poder adquisitivo, dado que los precios de productos básicos y tecnológicos han subido considerablemente.

Las pequeñas y medianas empresas (PYMES) han visto sus operaciones afectadas significativamente debido a la dificultad de acceder a insumos importados necesarios para la producción [5,31]. Esto ha aumentado sus costos operativos y ha reducido sus márgenes de ganancia, limitando su capacidad de expansión y afectando negativamente su competitividad en el mercado. Para hacer frente al impacto del ISD, tanto consumidores como empresas han comenzado a buscar alternativas, como renegociar contratos, buscar proveedores nacionales o reducir el consumo de bienes importados en favor de opciones locales.

A pesar del impacto negativo moderado en el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB), que se ha visto afectado por la disminución en la IED y el comercio exterior, el ISD ha permitido que el país mantenga un nivel adecuado de reservas internacionales. Esta medida ha contribuido a equilibrar la balanza de pagos al desincentivar la salida de capitales, aunque ha tenido un costo en términos de inversión y comercio externo. En respuesta a esta situación, el gobierno ha implementado políticas para incentivar la inversión nacional, incluyendo exenciones fiscales y programas de financiamiento para PYMES, al tiempo que busca acuerdos bilaterales y tratados de libre comercio para atraer inversión extranjera [6].

La percepción del ISD por parte de los actores económicos es mixta. A nivel nacional, algunos consideran que se trata de una medida necesaria para proteger la economía, mientras que en el ámbito internacional se ve como un obstáculo. Existen propuestas para una reducción gradual del impuesto, así como la búsqueda de políticas que promuevan un entorno empresarial más amable y atractivo. Las experiencias de países como Argentina y Brasil, que han impuesto y luego eliminado tributos similares, demuestran la necesidad de encontrar un equilibrio entre la necesidad de restringir la fuga de capitales y la creación de un entorno que incentive la inversión extranjera [7,32].

Dentro de este contexto, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un Método multicriterio neutrosófico para evaluar el impuesto a la salida de divisas y su incidencia en el derecho al desarrollo económico de los ecuatorianos. Este enfoque buscará ofrecer una herramienta analítica que permita comprender mejor las múltiples dimensiones del impacto del ISD, facilitando una evaluación integral que considere tanto sus efectos negativos como las posibles vías de mejora en la política económica del país.

2 Materiales y métodos

La sección presenta la estructura del funcionamiento del método multicriterio neutrosófico para evaluar Método multicriterio neutrosófico para evaluar el impacto del Impuesto a la Salida de Divisas y su incidencia en el derecho al desarrollo económico de los ecuatorianos. El funcionamiento del método está guiado por un flujo de trabajo de tres componentes [8, 9]. El método basa su funcionamiento a partir un entorno neutrosófico para modelar la incertidumbre. Se sustenta sobre un esquema de análisis de decisión lingüística que puede abordar criterios de diferente naturaleza y proporcionar resultados lingüísticos en un entorno neutrosófico [10-12]. La figura 1 muestra las actividades fundamentales del método propuesto.

Figura 1: Estructura general del método propuesto.

El método está diseñado para soportar el flujo de trabajo sobre la evaluación del impacto del ISD y su incidencia en el derecho al desarrollo económico de los ecuatorianos. La etapa de procesamiento consta de las siguientes actividades: (i) definición del enfoque; (ii) generación de información; y (iii) procesamiento e inferencia [13, 14]. A continuación se describen las diferentes actividades del método:

1. Definición del enfoque

En esta actividad, el marco de evaluación se define para corregir la estructura sobre la toma de decisiones para la evaluar el impacto del ISD. El marco se modela a partir de los siguientes elementos:

- Sea $E = \{e_1, , e_n\}, (n > 2)$ un conjunto de expertos.
- Sea $TI = \{ti_1, , ti_m\}, (m > 2)$ un conjunto de casos de análisis.
- Sea $C = \{c_1, , c_k\}, (k > 2)$ un conjunto de criterios que caracterizan casos de salida de divisas.

Se utiliza un marco de información heterogéneo [15,33]. Para cada experto se puede usar un dominio diferente numérico o lingüístico para evaluar cada criterio, atendiendo a su naturaleza en un entorno neutrosófico [16, 17]. A partir de la modelación de los elementos que definen el enfoque se realiza la generación de las evaluaciones.

2. Generación de información

Mediante la definición del marco de trabajo se obtiene el conocimiento del conjunto de expertos. Por cada experto se suministra sus preferencias mediante el uso de vectores de utilidad [18-20]. El vector de utilidad se expresa mediante la ecuación 1:

$$P_j^i = \left\{p_{j1_1}^i, , p_{jh}^i\right\} \tag{1}$$

Donde:

P_j^i representa la preferencia otorgada al criterio c_k sobre los casos de análisis r_j expresado por el experto e_i .

La etapa obtiene las informaciones que son de necesidad para el procesamiento de las inferencias, a partir del conjunto de datos obtenidos mediante la consulta a los expertos, se realiza el procesamiento e inferencia de la información en función de obtener las evaluaciones del impacto del ISD y su incidencia en el derecho al desarrollo económico de los ecuatorianos.

3. Procesamiento e inferencia

A partir del marco de trabajo establecido con el conjunto de datos obtenidos, se realiza la evaluación lingüística colectiva de manera que sea interpretable para la toma de decisiones sobre la evaluación del impacto del ISD. Para ello la información es unificada y agregada [21]. A partir del procesamiento se realiza un proceso de ordenamiento de alternativas que son priorizados para tratar con información heterogénea y dar resultados lingüísticos. 2 Tuplas Lingüísticas NNS se define como [22]:

A partir de $S = \left\{s_0, , s_g\right\}$ que representa una 2TLSs con cardinalidad impar t + 1.

Se define para $(S_t, a), (S_i, b), (S_f, c) \in L$ y a,b,c ∈ [0, t], donde $(S_t, a), (S_i, b), (S_f, c) \in L$ expresan independientemente del grado de verdad, grado de indeterminación y el grado de falsedad por 2TLSs.

Por lo tanto: 2TLNNSs se define:

$$l_j = \left\{(S_t, a), (S_i, b), (S_f, c)\right\} \tag{2}$$

Donde:

$$0 \le \Delta^{-1}(St_j, a) \le t, 0 \le \Delta^{-1}(Si_j, b) \le t, 0 \le \Delta^{-1}(Sf_j, c) \le t$$

$$0 \le \Delta^{-1}(St_j, a) + \ 0 \le \Delta^{-1}(Si_j, b) + 0 \le \Delta^{-1}(Sf_j, c) \le 3t$$

Mediante la función de puntuación y precisión se clasifica 2TLNN [23].
Sea
$l_1 = \{(St_1, a\ ), (Si_1, b\ ), (Sf_1, c\ )\}$ a
2TLNN en L la función de puntuación y precisión en l_1 se define como:

$$S(l1) = \Delta\left\{\frac{2t + \Delta^{-1}(St_1, a\ ) - \Delta^{-1}(Si_1, a\ ) - \Delta^{-1}(Sf_1, a\ )}{3}\right\}, \Delta^{-1}\big(s(l_1)\big) \in [0, t] \quad (3)$$

$$H(l1) = \Delta\left\{\frac{t + \Delta^{-1}(St_1, a\ ) - \Delta^{-1}(Sf_1, a\ )}{2}\right\}, \Delta^{-1}\big(h(l_1)\big) \in [0, t] \quad (4)$$

La información se unifica en un dominio lingüístico específico (S_T). La información numérica se transforma al dominio lingüístico (S_T) siguiendo estos pasos:

1. Seleccionar un dominio lingüístico específico, denominado conjunto de términos lingüísticos básicos (S_T) .
2. Transformación de valores numéricos en [0, 1] al $F(S_T)$.
3. Transformación de conjuntos difusos S_T sobre el en 2-tupla lingüística.

La agregación permite la unificación de las informaciones para lo cual se desarrolla mediante dos pasos con el objetivo de calcular una evaluación global de los casos de análisis [24-27]. El operador de agregación unifica las diferentes ponderaciones expresadas por cada experto [28], teniendo en cuenta su conocimiento y su importancia en el proceso toma de decisiones para determinar la evaluación del impacto del Impuesto a la Salida de Divisas y su incidencia en el derecho al desarrollo económico de los ecuatorianos.

El paso final en el proceso de priorización es establecer una clasificación entre los casos de análisis, esta clasificación permite priorizar los casos analizados con más valor [29,34]. El caso de análisis más significativo es aquel que tiene la evaluación colectiva máxima $Max\ \{(r_l, a_j), = 1,2,,n\}$. Los requisitos se priorizan según este valor en orden decreciente.

3 Resultados y discusión

La presente sección, describe la implementación práctica del Método multicriterio neutrosófico para evaluar el impacto del Impuesto a la Salida de Divisas y su incidencia en el derecho al desarrollo económico de los ecuatorianos. Se realizó un estudio de caso aplicado a tres casos de salida de divisas del Ecuador. El ejemplo ilustra la aplicabilidad del método.

Desarrollo de la actividad 1: Marco de evaluación

Para el presente estudio de caso, se identificó un marco de trabajo compuesto por:

$\mathrm{E} = \{\mathrm{e}_1,, \mathrm{e}_3\}$, que representan los 3 expertos que intervinieron en el proceso.

Se convocó un panel expertos compuesto por tres destacadas figuras en el ámbito económico y tributario. El primer miembro del panel es una economista con más de 15 años de experiencia en desarrollo económico y análisis fiscal. Con un enfoque en políticas públicas, ha colaborado con diversas organizaciones internacionales y es autora de numerosos estudios sobre la inversión extranjera en América Latina. El segundo experto, es un analista financiero con especialización en tributación y economía internacional. Ha trabajado en el sector privado y en la administración pública, aportando su conocimiento sobre cómo los impuestos afectan la inversión y el comercio. La tercera experta es una socióloga y especialista en derechos humanos, que completa el panel. Con un fuerte compromiso con el desarrollo social y económico, ha investigado las conexiones entre políticas fiscales y el bienestar de la población, enfocándose en las posibles vulneraciones de derechos que pueden surgir de decisiones tributarias. Este panel de expertos realizó la evaluación de los casos de análisis:

$\mathrm{Ps} = \{\mathrm{Ps}_1,, \mathrm{Ps}_3\}$, de 3 Casos de análisis para esta investigación.

A partir de la valoración de los criterios

$\mathrm{C} = \{\mathrm{c}_1, \ldots, \mathrm{c}_{23}\}$ los cuales conforman los 23 criterios valorativos del impacto del Impuesto a la Salida de Divisas y su incidencia en el derecho al desarrollo económico de los ecuatorianos. La tabla 1 muestra los criterios utilizados.

Tabla 1: Criterios utilizados para evaluar el impacto del ISD y su incidencia en el derecho al desarrollo económico de los ecuatorianos.

No	Criterio
1	Inversión Extranjera Directa (IED): Medida de la cantidad de capital que ingresa al país como inversión extranjera.
2	Costo de capital: Evaluación de cómo el ISD afecta los costos para los inversionistas, influyendo en su disposición para invertir.

No	Criterio
3	Competitividad de exportaciones: Análisis de cómo el impuesto impacta la capacidad de los productos ecuatorianos para competir en mercados internacionales.
4	Inflación: Evaluación del efecto del ISD en los precios de bienes y servicios, lo que puede afectar el costo de vida.
5	Niveles de importación: Análisis de cómo el ISD afecta la cantidad y tipo de productos importados.
6	Empleo: Evaluación del impacto del ISD en la generación de empleos, especialmente en sectores dependientes de la inversión extranjera.
7	Crecimiento del PIB: Medida del efecto del ISD en el crecimiento económico general del país.
8	Acceso a tecnología: Análisis de cómo el impuesto afecta la capacidad de importar tecnología y maquinaria necesaria para el desarrollo productivo.
9	Desarrollo de PYMES: Evaluación del impacto en las pequeñas y medianas empresas y su capacidad para acceder a insumos y expandirse.
10	Recursos para el estado: Medida de la recaudación fiscal derivada del ISD y su impacto en el presupuesto nacional.
11	Percepción de inversores: Análisis de cómo el ISD afecta la percepción que tienen los inversionistas sobre el clima de negocios en Ecuador.
12	Incentivos fiscales: Evaluación de la efectividad de los incentivos fiscales existentes para contrarrestar el efecto del ISD.
13	Diversidad de sectores económicos: Medida de cómo el ISD afecta diferentes sectores económicos de manera desigual.
14	Acceso a financiamiento: Evaluación de cómo el ISD impacta la disponibilidad de financiamiento para proyectos de inversión.
15	Coherencia con Políticas Públicas: Análisis de la alineación del ISD con otros objetivos de desarrollo económico y social.
16	Desarrollo humano: Evaluación del impacto del ISD sobre indicadores de desarrollo humano, como la educación y la salud.
17	Estabilidad económica: Medida de cómo el ISD contribuye o afecta la estabilidad macroeconómica del país.
18	Impacto en los derechos humanos: Evaluación de cómo el ISD puede afectar el derecho al desarrollo y otros derechos fundamentales.
19	Control de la fuga de capitales: Análisis de la efectividad del ISD en su objetivo de evitar la salida de capitales del país.
20	Promoción del ahorro: Evaluación de cómo el impuesto puede incentivar o desincentivar el ahorro en la economía local.
21	Proporción de inversores Nacionales vs. Extranjeros: Medida de cómo el ISD afecta la participación de inversionistas locales en comparación con inversionistas extranjeros.
22	Desigualdad económica: Análisis de cómo el ISD puede influir en la distribución del ingreso y la riqueza en la sociedad.
23	Percepción ciudadana: Evaluación de cómo la población percibe el impacto del ISD en su vida cotidiana y su bienestar económico.

Cada experto podría dar la información de forma numérica o lingüística atendiendo a la naturaleza de los criterios. Se elige un dominio lingüístico común para verbalizar los resultados que se expresan en la Figura 2.

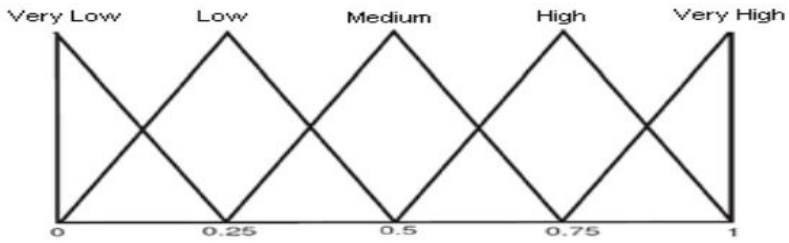


Figura 2. Dominio de Selección S_T

Para los valores numéricos, se utilizará la escala lingüística siguiente con números neutrosóficos de valor único propuestas en la Tabla 2 [30].

Tabla 2: Términos lingüísticos empleados.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Desarrollo de la actividad 2: Generación de información

A partir de la información obtenida sobre los casos de análisis, son almacenadas para su posterior procesamiento. El marco de evaluación es presentado en la Tabla 3. Los criterios de evaluación se realizan en la escala S_T.

Tabla 3: Presentación de los resultados emitidos por los 3 expertos.

	e_1			e_2			e_3		
c_1	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_2	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]
c_3	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_4	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.5, 0.2, 0.4]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.8, 0.1, 0.2]
c_5	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.5, 0.1, 0.4]	[0.3, 0.3, 0.2]
c_6	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.3, 0.3, 0.2]
c_7	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_8	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]
c_9	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_{10}	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_{11}	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_{12}	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]
c_{13}	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]
c_{14}	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]
c_{15}	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_{16}	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_{17}	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]
c_{18}	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]
c_{19}	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]
c_{20}	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_{21}	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]
c_{22}	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_{23}	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]

La información se transforma para unificar la información heterogénea. Los juegos difusos posteriores sobre S_T se transforman en 2-tuplas lingüísticas.

A partir del proceso de agregación se calculó una evaluación de los casos de análisis sobre el impacto del ISD y su incidencia en el derecho al desarrollo económico de los ecuatorianos. Se realizó una comparación con 3 casos de análisis en 3 PYMES distintas de Ambato, Ecuador. Durante el proceso de agregación se utilizó el promedio de ponderación de los números neutrosóficos lingüísticos de 2 tuplas. 2-TLNNWA a partir de los datos referidos por para cada experto [19]. En este caso los vectores de ponderación W=(0.8, 0.9, 0.7, 0.7, 0.8, 0.9, 0.3, 0.7, 0.8, 0.9, 0.7, 0.7, 0.8, 0.9, 0.3, 0.7, 0.5, 0.5, 0.5, 0.7, 0.9, 0.7, 0.8).

Tabla 4: Procesamiento del resultado de los datos.

Casos de análisis	Preferencias
Ps_1	(0.8, 0.8, 0.8, 0.8, 0.8, 0.9, 0.3, 0.7, 0.8, 0.9, 0.8, 0.7, 0.8, 0.9, 0.3, 0.7, 0.5, 0.5, 0.5, 0.7, 0.9, 0.7, 0.8)
Ps_2	(0.8, 0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 0.9, 0.3, 0.7, 0.8, 0.9, 0.7, 0.7, 0.8, 0.9, 0.7, 0.7, 0.5, 0.5, 0.5, 0.7, 0.9, 0.7, 0.8)
Ps_{18}	(0.8, 0.9, 0.7, 0.7, 0.8, 0.9, 0.8, 0.7, 0.8, 0.8, 0.7, 0.7, 0.8, 0.9, 0.3, 0.7, 0.5, 0.5, 0.5, 0.7, 0.9, 0.7, 0.8)

Mediante el análisis de datos almacenados se logró la obtención de información de 3 casos comparativos. Para calcular la evaluación colectiva, el operador 2-TLNNWA se utiliza el vector de ponderación V= (0.7, 0.8, 0.3, 0.9, 0.7, 0.8, 0.5, 0.9, 0.5, 0.5, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.5, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.5, 0.7, 0.8, 0.9) de la tabla 5.

Tabla 5: Evaluación colectiva para los casos de análisis.

(0.8, 0.8, 0.8, 0.8, 0.8, 0.9, 0.3, 0.7, 0.8, 0.9, 0.8, 0.7, 0.8, 0.9, 0.3, 0.7, 0.5, 0.5, 0.5, 0.7, 0.9, 0.7, 0.8)	Ps_1
(0.8, 0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 0.9, 0.3, 0.7, 0.8, 0.9, 0.7, 0.7, 0.8, 0.9, 0.7, 0.7, 0.5, 0.5, 0.5, 0.7, 0.9, 0.7, 0.8)	Ps_2
(0.8, 0.9, 0.7, 0.7, 0.8, 0.9, 0.8, 0.7, 0.8, 0.8, 0.7, 0.7, 0.8, 0.9, 0.3, 0.7, 0.5, 0.5, 0.5, 0.7, 0.9, 0.7, 0.8)	Ps_{18}

Finalmente, se ordenan todas las evaluaciones colectivas y se establece una clasificación entre los casos de análisis con el propósito de identificar las mejores alternativas de puntuación calculadas.

Tabla 6: Resultados de la función de puntuación.

(0.8, 0.9, 0.7, 0.7, 0.8, 0.9, 0.8, 0.7, 0.8, 0.8, 0.7, 0.7, 0.8, 0.9, 0.3, 0.7, 0.5, 0.5, 0.5, 0.7, 0.9, 0.7, 0.8)	Ps_{18}
(0.8, 0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 0.9, 0.3, 0.7, 0.8, 0.9, 0.7, 0.7, 0.8, 0.9, 0.7, 0.7, 0.5, 0.5, 0.5, 0.7, 0.9, 0.7, 0.8)	Ps_2
(0.8, 0.8, 0.8, 0.8, 0.8, 0.9, 0.3, 0.7, 0.8, 0.9, 0.8, 0.7, 0.8, 0.9, 0.3, 0.7, 0.5, 0.5, 0.5, 0.7, 0.9, 0.7, 0.8)	Ps_1

En el estudio de caso, la clasificación de los casos de análisis quedó recomendada como sigue:

$Ps_{18} < Ps_2 < Ps_1$, siendo este el orden de casos más optimistas, aunque insuficientes, sobre el impacto del ISD en su emprendimiento.

4 Discusión

La Constitución de Ecuador reconoce el derecho al desarrollo económico como un derecho fundamental, lo que plantea interrogantes sobre la compatibilidad del Impuesto a la Salida de Divisas (ISD) con este principio. Los hallazgos de la investigación sugieren que el ISD podría estar en conflicto con dicho derecho, ya que ha limitado la inversión extranjera directa (IED) y el comercio internacional, dos factores cruciales para el desarrollo económico sostenible del país.

El análisis revela que el ISD se relaciona estrechamente con varios indicadores económicos clave. La disminución en la IED y el comercio internacional ha tenido un impacto negativo en el Producto Interno Bruto (PIB) y en la generación de empleo. Estos efectos adversos indican que el impuesto ha restringido la capacidad de la economía ecuatoriana para atraer inversión y competir eficazmente en el mercado global. Además, el ISD incrementa los costos para las empresas extranjeras al repatriar sus ganancias, lo que desincentiva la inversión y genera inseguridad entre los inversionistas, afectando la percepción de Ecuador como un destino confiable para la inversión. Asimismo, el impuesto eleva los costos operativos de las empresas exportadoras, disminuyendo la competitividad de los productos ecuatorianos en el ámbito internacional. [35,36]

Los resultados de la investigación sugieren la necesidad urgente de reevaluar el ISD. Aunque ha generado ingresos fiscales significativos, sus efectos adversos sobre la inversión y el comercio podrían ser contraproducentes para el desarrollo económico. Una política viable podría ser la reducción o eliminación gradual del impuesto,

complementada con medidas para mejorar el clima de inversión y la competitividad internacional.

Sin embargo, el estudio presenta limitaciones que afectan la validez y generalización de los resultados. El tiempo limitado para realizar el análisis puede no reflejar completamente los efectos a largo plazo del impuesto, lo que es esencial para entender su verdadero impacto. Además, la falta de datos completos de todos los sectores económicos y la omisión de otros factores macroeconómicos concurrentes pueden llevar a interpretaciones parciales de los efectos del ISD. [37]

Para futuras investigaciones, se recomienda ampliar el período de análisis para incluir los efectos a largo plazo del impuesto, lo que permitirá una comprensión más precisa de su impacto. También es esencial realizar un análisis sectorial más detallado para identificar variaciones en el impacto del impuesto, contribuyendo a una evaluación más exhaustiva. Asimismo, se sugiere considerar el efecto de políticas macroeconómicas adicionales y eventos económicos globales en los resultados del impuesto, con el fin de obtener una visión más holística y contextualizada del fenómeno estudiado.

5 Conclusión

Los resultados de la implementación del Método multicriterio neutrosófico, indican que el impacto del Impuesto a la Salida de Divisas (ISD) en el desarrollo económico de Ecuador no ha sido tan óptimo como se esperaba. A pesar de su propósito de controlar la salida de capitales y estimular la producción nacional, los resultados revelaron que el ISD ha generado efectos adversos en la inversión extranjera, la competitividad de las exportaciones y el crecimiento del PIB. Aunque se detectó una disminución en las importaciones, este fenómeno no puede atribuirse únicamente al impuesto, dado que otros factores económicos desempeñan un papel importante en este contexto.

Es fundamental considerar estos hallazgos al formular políticas públicas vinculadas al ISD. Se destaca la necesidad de implementar estrategias que realmente fomenten la inversión, la producción y el desarrollo económico sostenible en Ecuador. Se recomienda crear un entorno favorable que incluya incentivos tributarios atractivos para los inversionistas, así como un compromiso con el desarrollo humano y tecnológico. Asimismo, se sugiere evaluar cuidadosamente los efectos del ISD antes de realizar cambios en su política, garantizando que cualquier modificación no comprometa el bienestar económico y social del país. Por último, es crucial continuar investigando para comprender mejor las múltiples dimensiones del impacto del ISD y así lograr un balance que beneficie tanto al Estado como a los ciudadanos ecuatorianos.

Referencias

[1] L. D. R. Barrezueta, C. N. M. Aviles, J. W. C. Córdova, and P. M. M. Sánchez, "Innovación tecnológica para potenciar el desempeño empresarial de las Mipymes en la provincia del Guayas," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 16, no. 5, pp. 50-63, 2023.

[2] K. D. G. García, W. L. F. Izurieta, and M. P. V. Achig, "Evolución de las reformas tributarias en el Ecuador en los años 2020 al 2023," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 4, pp. 15-23, 2024.

[3] E. d. l. M. B. Tapia, S. M. Q. Guachamin, H. R. Sandoval, and E. A. N. Laje, "Optimización de la gestión financiera en PYMES mediante la implementación de FrontAccounting: un análisis de eficiencia," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 6, pp. 399-409, 2024.

[4] L. E. F. Gavilanez, and C. H. M. Alarcón, "Impuesto a la Salida De Divisas e Inversión extranjera directa en el Ecuador," *Kairós. Revista de Ciencias Económicas, Jurídicas y Administrativas,* vol. 2, no. 3, pp. 42-48, 2019.

[5] D. M. L. Haro, J. F. V. Uvidia, D. O. C. Carrasco, and W. G. V. Chávez, "Política regulatoria impuesto a la salida de divisas en ecuador," *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, no. 2, pp. 30, 2019.

[6] C. E. Gómez Maldonado, "Impacto del impuesto a la salida de divisas en la balanza de pagos del Ecuador," 2015.

[7] Z. F. P. Cedeño, C. D. A. Granizo, and J. R. P. Sampedro, "Análisis del impuesto a la salida de divisas en las exportaciones no petroleras ecuatorianas 2013-2019," *Eca Sinergia,* vol. 12, no. 2, pp. 136-147, 2021.

[8] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[9] O. M. Cornelio, B. B. Fonseca, and F. R. Marzo, "Metodología para la reutilización de la basura tecnológica en la asignatura de Arquitectura de Computadoras," *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria,* vol. 5, no. 2, pp. 183-198, 2021.

[10] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[11] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[12] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[13] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica,* vol. 13, no. 2, 2021.

[14] M. Cornelio, "Estación de trabajo para la práctica de Microbiología y Parasitología Médica en la carrera de medicina integrado al sistema de laboratorios a distancia," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[15] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[16] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[17] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[18] B. B. Fonseca, and O. Mar, "Implementación de operador OWA en un sistema computacional para la evaluación del desempeño," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2021.

[19] C. Marta Rubido, and O. M. Cornelio, "Práctica de Microbiología y Parasitología Médica integrado al Sistema de Laboratorios a Distancia en la carrera de Medicina," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[20] O. Mar, and B. Bron, "Procedimiento para determinar el índice de control organizacional utilizando Mapa Cognitivo Difuso," *Serie Científica*, pp. 79-90.

[21] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.

[22] J. Wang, G. Wei, and Y. Wei, "Models for green supplier selection with some 2-tuple linguistic neutrosophic number Bonferroni mean operators," *Symmetry,* vol. 10, no. 5, pp. 131, 2018.

[23] F. Mata, "Modelos para sistemas de apoyo al consenso en problemas de toma de decisión en grupo definidos en contextos lingüisticos multigranulares," *Universidad de Jaén, Doctoral Thesis Jaén*, 2006.

[24] R. G. Ortega, M. D. O. Rodríguez, M. L. Vázquez, J. E. Ricardo, J. A. S. Figueiredo, and F. Smarandache, *Pestel analysis based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers for the sinos river basin management*: Infinite Study, 2019.

[25] F. Smarandache, J. E. Ricardo, E. G. Caballero, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, *Delphi method for evaluating scientific research proposals in a neutrosophic environment*: Infinite Study, 2020.

[26] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeutroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.

[27] O. F. Von Feigenblatt, *Honor, Loyalty, and Merit: The Cultura Contemporary of the Spanish Nobility*: Ediciones Octaedro, 2022.

[28] M. Y. L. Vázquez, K. Y. P. Teurel, A. F. Estrada, and J. G. González, "Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingenieria y Universidad: Engineering for Development,* vol. 17, no. 2, pp. 375-390, 2013.

[29] O. Mar Cornelio, "Modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un sistema de laboratorios remoto," 2019.

[30] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[31] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[32] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[33] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[34] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[35] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[36] von Feigenblatt, O. F. “Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth”. Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[37] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. “El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura”. In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 21, 2025. Aceptado: marzo 11, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Sistema de recomendaciones para la evaluación del derecho laboral de los migrantes en Ecuador

System of recommendations for the evaluation of the labor rights of migrants in Ecuador

Josía Jeseff Isea Arguelles [1], Carlos Javier Lizcano Chapeta [2], Carmen Marina Méndez Cabrita[3], and Luis Andrés Crespo Berti [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. ui.josiaia82@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. ui.carloslizcano@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. ut.carmenmmc56@uniandes.edu
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. ui.luiscrespo@uniandes.edu.ec

Resumen. El objetivo de esta investigación es desarrollar un Sistema de recomendaciones para la evaluación del derecho laboral de los migrantes en Ecuador. La situación laboral de los migrantes en el país presenta importantes obstáculos que limitan su integración y desarrollo pleno. A pesar de que la Ley de Movilidad Humana y otras normativas laborales ofrecen una cierta protección legal, en la práctica, los derechos laborales de los migrantes a menudo no son respetados, lo que les expone a condiciones de trabajo precarias y vulnerabilidad. Ante esta realidad, se hace indispensable la creación de programas enfocados en la capacitación y el emprendimiento que puedan facilitar la inserción laboral de los migrantes, no solo para promover su autosuficiencia, sino también para contribuir al crecimiento económico del país en su conjunto. La implementación de un sistema de recomendaciones permitirá identificar las brechas existentes en la protección de los derechos laborales y proponer estrategias concretas para abordar estas deficiencias. Este enfoque no solo beneficiará a los migrantes al fortalecer su situación laboral, sino que también promoverá una fuerza laboral más diversa y resiliente, vital para el desarrollo social y económico de Ecuador. Por lo tanto, la investigación busca contribuir a una mejor comprensión de los derechos laborales de los migrantes y formular un marco adecuado que garantice su respeto y promoción en el ámbito laboral.

Palabras: números neutrosóficos, sistema de recomendaciones, migrante, derecho al trabajo, derechos humanos.

Abstract. The objective of this research is to develop a recommendation system for evaluating the labor rights of migrants in Ecuador. The labor situation of migrants in the country presents significant obstacles that limit their integration and full development. Although the Human Mobility Law and other labor regulations offer some legal protection, in practice, migrants' labor rights are often not respected, exposing them to precarious working conditions and vulnerability. Given this reality, it is essential to create programs focused on training and entrepreneurship that can facilitate the labor insertion of migrants, not only to promote their self-sufficiency but also to contribute to the economic growth of the country as a whole. The implementation of a recommendation system will identify existing gaps in the protection of labor rights and propose concrete strategies to address these deficiencies. This approach will not only benefit migrants by strengthening their labor situation but will also promote a more diverse and resilient workforce, vital to Ecuador's social and economic development. Therefore, this research seeks to contribute to a better understanding of migrant labor rights and develop an appropriate framework to ensure their respect and promotion in the workplace.

Keywords: neutrosophic numbers, recommendation system, migrant, right to work, human rights.

1 Introducción

En los últimos años, el número de personas que emigran al país ecuatoriano, ha aumentado significativamente. Factores económicos, políticos y sociales en los países de origen contribuyen a esta migración. La mayoría de los migrantes provienen de naciones cercanas como Venezuela, Colombia y Perú, aunque también hay personas de otros lugares del mundo. A medida que aumenta la población migrante, se han observado una serie de problemas, incluida la creciente discriminación y racismo hacia los migrantes, así como la falta de acceso a servicios básicos,

igualmente, muchos migrantes tienen problemas para encontrar trabajos formales, lo que los lleva a trabajar en condiciones precarias e informales [1].

Por ello, las instituciones gubernamentales se enfrentan a varios desafíos que hacen que cada día el fenómeno de la migración se vea en la necesidad de buscar nuevas vías de solución y descubrir las potencialidades y fortalezas que presenta el sistema de leyes y regulaciones para garantizar la movilidad del migrante, y a su vez, el sistema jurídico del país está en condiciones de generar conductas apropiadas en esa masa poblacional y regular aquellas que no sean adecuadas [2]. Sin embargo, la migración representa tanto un desafío como una oportunidad para el desarrollo de los países, ya que la gestión de la diversidad cultural y la garantía de buenas condiciones de vida son esenciales para el éxito y la sostenibilidad a nivel nacional y comunitario [3].

Por otro lado, los migrantes en Ecuador enfrentan condiciones laborales altamente precarias. Estos trabajadores suelen enfrentar condiciones de explotación laboral, bajos salarios y falta de seguridad social. Estas circunstancias afectan negativamente su calidad de vida y dificultan su integración en el sistema laboral. Muchos migrantes son víctimas de abusos por parte de los trabajadores debido a la falta de garantías laborales y protección legal. Abusan de su vulnerabilidad y los obligan a trabajar largas jornadas sin descanso adecuado, ni remuneración justa. Para proteger los derechos humanos y laborales de esta población vulnerable, las autoridades deben abordar de manera urgente la explotación laboral de los migrantes [4].

En este mismo orden e ideas, la vulnerabilidad de los trabajadores migrantes que carecen de la documentación necesaria para ingresar al país de destino es extrema. A pesar de esta situación, gozan de los mismos derechos laborales que los demás trabajadores del Estado. Sin embargo, en algunas situaciones, pueden ser identificados y deportados, lo que aumenta su vulnerabilidad. Es fundamental enfatizar el derecho inalienable de estas personas a la administración de justicia, donde el derecho sustantivo y el principio de justicia material deben ser priorizados [5].

En tal sentido, la legislación ecuatoriana ha logrado incluir a los migrantes en la seguridad social, pero en la práctica, muchos de ellos no pueden disfrutar plenamente de este derecho fundamental debido a que carecen de ciertos criterios laborales legales que les permiten cumplir con esos requisitos [6]. Otra realidad, se refiere a las políticas públicas y los sistemas de protección social en particular suelen relegar a las personas migrantes como un segmento de la población. Se necesitan alternativas en las políticas de protección social para garantizar los derechos de las personas migrantes, ya que esta situación obstaculiza los esfuerzos promovidos para aumentar la igualdad de derechos y fortalecer la democracia [7].

Otro de los principales problemas del país es la migración, que es superada por el empleo, la inseguridad, los ingresos económicos y la corrupción. La percepción que se maneja entre la población es que los migrantes llegan a ocupar puestos de trabajo y le quitan a un nacional la oportunidad de obtener un empleo porque el inmigrante, por su condición de extranjero, acepta el trabajo por un salario inferior a lo estipulado, por la ley y esto es una ventaja para el empleador [8].

El origen del problema, surgen del incremento de la migración, que en los últimos años se ha elevado considerablemente. Producto de condiciones desfavorables, como la falta de empleo, las condiciones laborales precarias y las crisis sociales en varios países de América Latina han llevado a un aumento en el número de personas que buscan oportunidades para mejorar su bienestar personal y familiar [9]. Esta realidad afecta a los países receptores, que en sus políticas públicas no han previsto este fenómeno.

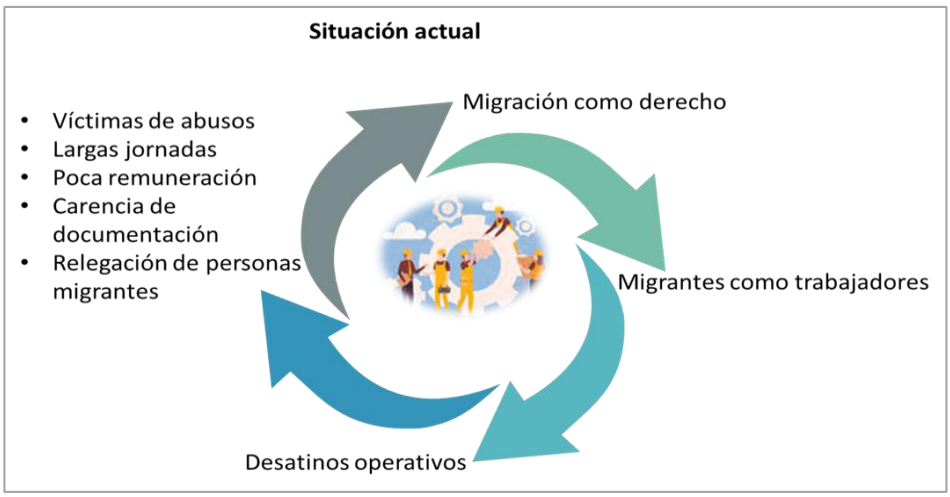


Figura 1: Situación actual de los migrantes trabajadores.

En este sentido, la vida de los migrantes en Ecuador está muy influenciada por las condiciones laborales precarias. Para empezar, la explotación laboral a la que son sometidas les causa una gran carga física y emocional. Muchos migrantes deben trabajar largas horas en condiciones peligrosas y sin las protecciones adecuadas, lo que aumenta el riesgo de accidentes y enfermedades laborales, así mismo, su salario bajo les dificulta cubrir las necesidades básicas y las de sus familias. La falta de ingresos también limita su acceso a servicios de salud, educación y vivienda adecuada. Al mismo tiempo, la falta de protección social aumenta aún más la vulnerabilidad de los migrantes, ya que no tienen seguro médico, accidental o de desempleo [10]. Por ende, las condiciones laborales desfavorables tienen un impacto negativo en la calidad de vida y el bienestar de los migrantes en Ecuador, lo que conduce a un ciclo de pobreza y desigualdad difícil de romper.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un sistema de recomendaciones para la evaluación del derecho laboral de los migrantes en Ecuador.

2 Materiales y métodos

Los Sistemas de Recomendaciones son técnicas de filtrado de información que tienen por objetivo facilitar o asistir al usuario en la toma de una decisión. Estos sistemas basan su funcionamiento en la selección y clasificación de información de acuerdo con los requerimientos del usuario. Para esta investigación se utilizará un enfoque basado en conocimiento. Los modelos de recomendación basados en conocimiento realizan sugerencias haciendo inferencias sobre las necesidades del usuario y sus preferencias. El sistema de recomendaciones que se propone en esta investigación tiene como objetivo servir como herramienta de apoyo en el análisis de los derechos laborales de los migrantes en Ecuador. Consta de cuatro procesos principales:

1. Creación de la base de perfiles de los casos de migrantes en Ecuador desprotegidos laboralmente.
2. Obtención del perfil objeto de análisis.
3. Filtrado de la información; y
4. Generación de las recomendaciones a partir del perfil de semejanza.

El sistema de recomendación propuesto se basa en conocimiento. Permitiendo representar términos lingüísticos y la indeterminación mediante números neutrosóficos SVN [11, 12]. A continuación, se presenta el flujo de trabajo para las diferentes actividades:

Actividad 1. Creación de la base de perfiles de los migrantes en Ecuador con problemas laborales:

Cada una de los casos a_i es descrito mediante el grupo de condiciones c_k determinándose el perfil del trabajador tal como expresa la expresión 1.

$$C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_l\} \tag{1}$$

Los perfiles pueden ser obtenidos de forma directa a partir de los algoritmos computacionales utilizados para la captura de datos de los órganos laborales y de migración:

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \tag{2}$$

Las valoraciones de las características de los casos, a_j, serán expresadas utilizando la escala lingüística S, $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de términos lingüísticos definidos para evaluar la característica c_k utilizando los números SVN [13-15]. Cada alternativa descrita conforma el conjunto de casos de migrantes con problemas laborales, con que se nutre el sistema de recomendaciones tal como muestra la expresión 3.

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \tag{3}$$

Cada perfil generado por el sistema de recomendación es almacenado en una base de datos. Los datos constituyen la base de la inferencia posterior para el sistema de recomendaciones.

Actividad 2. Obtención del perfil objeto de análisis:

En esta actividad se determina la información del caso de afectación de los derechos laborales de un migrante en Ecuador, almacenándose en un perfil de modo que [16-18]:

$$P_e = \{p_1^e, \dots, p_k^e, \dots, p_l^e\} \tag{4}$$

El perfil estará integrado por un conjunto de atributos que caracterizan el caso:

$$C^e = \{c_1^e, \dots, c_k^e, \dots, c_l^e\} \tag{5}$$

Donde $c_k^e \in S$

Este puede ser obtenido mediante el llamado enfoque conversacional y mediante ejemplos los cuales pueden ser adaptados a las necesidades específicas del funcionario que está atendiendo el caso objeto de análisis específico.

Actividad 3. Filtrado de los casos

En esta actividad se filtran los casos de acuerdo al perfil almacenado para encontrar cuáles son los más críticos según las características del perfil inicial proporcionado por el funcionario.

Con este propósito es calculada la similitud entre el perfil del caso de afectación de los derechos del caso objeto de estudio P_e , proporcionado por el funcionario, y cada perfil disponible a_j registrado en la base de datos, y que ha sido almacenado como caso procesado, atendido y resuelto. Para el cálculo de la similitud total se emplea la siguiente expresión:

$$S_i = 1 - \left(\left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^{n} \left\{ \left(\left| a_{ij} - a_j^* \right| \right)^2 + \left(\left| b_{ij} - b_j^* \right| \right)^2 + \left(\left| c_{ij} - c_j^* \right| \right)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \tag{6}$$

La función S calcula la similitud entre los valores de los atributos del perfil inicial y los almacenados a_j . En un sistema de recomendaciones basado en conocimiento, se busca evitar el problema del arranque en frío, conocido como *cold start*, mediante la creación de un perfil inicial que actúa como referencia. Este enfoque es fundamental, ya que el arranque en frío se presenta cuando un sistema carece de datos sobre un usuario nuevo, lo que dificulta la capacidad de ofrecer recomendaciones pertinentes. Al establecer un perfil inicial, se proporciona al sistema una base sobre la cual puede operar, permitiéndole generar recomendaciones más relevantes desde el principio.

Actividad 4. Generación de recomendaciones

Una vez calculada la similitud entre el perfil inicial y los almacenados en la base de datos, se ordenan los perfiles de acuerdo a la similitud obtenida, representado por el siguiente vector de similitud.

$$D = (d_1, \dots, d_n) \tag{7}$$

La recomendación identificará qué perfil de caso de afectación de los derechos laborales de un migrante, se asemeja más con casos anteriores de este tipo evaluados en migrantes en Ecuador, según el grado de similaridad.

3 Resultados y discusión

La presente sección describe los resultados de la implementación del Sistema de recomendaciones sobre los derechos laborales de los migrantes en Ecuador. El sistema fue implementado en un estudio de caso realizado en Ibarra, Ecuador. El sistema permite la obtención de un conjunto de datos que facilitan la identificación, asesoría, acompañamiento y ayuda a los migrantes en estado de desprotección laboral. Para la aplicación de la propuesta se parte del conjunto de datos almacenados en la base de datos. A continuación se presenta un ejemplo demostrativo a partir del cual se parte de la base de datos que posee A casos:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7\}$$

Donde:

a_1: Migrante venezolana que se ha establecido en Ibarra y trabaja como vendedora ambulante. Enfrenta problemas de acoso por parte de funcionarios municipales y carece de acceso a servicios de salud y protección social. Su situación laboral es precaria, y sus ingresos son insuficientes para cubrir sus necesidades básicas

a_2: Migrante colombiano, trabaja en la construcción. No cuenta con un contrato formal y recibe un salario por debajo del mínimo establecido. Además, expone su vida a riesgos al no contar con equipos de seguridad ni acceso a seguros laborales.

a_3: Migrante peruana que trabaja como empleada doméstica en Ibarra. Su situación se caracteriza por la falta de un contrato formal, largas horas de trabajo y un salario que no respeta el mínimo vigente. También enfrenta dificultades para acceder a la atención médica.

a_4: Migrante ecuatoriano que retornó tras vivir en el exterior, trabaja en la recolección de desechos. No tiene acceso a protección social y su salario es muy bajo, además de no contar con los equipos necesarios para realizar su trabajo de forma segura.

a_5: Migrante venezolana que ofrece servicios de peluquería a domicilio. Aunque es su propio jefe y tiene clientes regulares, su situación es inestable ya que no tiene acceso a ningún tipo de seguro ni garantía laboral que respalde sus ingresos.

a_6: Migrante de nacionalidad salvadoreña, trabaja como jardinero. No tiene un contrato formal y su salario es

negociado verbalmente, lo que lo hace vulnerable a cambios arbitrarios por parte de su empleador. Además, carece de prestaciones y acceso a servicios de salud.

a_7: Migrante de Venezuela, trabaja en un restaurante de Ibarra. Su jornada laboral es extensa y su salario no es suficiente para cubrir sus gastos. Como muchos otros, no tiene acceso a la seguridad social, exponiéndose a riesgos laborales sin protección.

Cada uno de estos casos, está descrito por el conjunto de atributos: $C = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6\}$

Donde:

c_1: Condiciones laborales: La naturaleza del entorno laboral, incluyendo la existencia de contratos formales, los horarios de trabajo, las condiciones de salud y seguridad, y el cumplimiento de normativas laborales.

c_2: Acceso a servicios de salud: La disponibilidad y facilidad de acceso a servicios de salud física y mental, así como la existencia de seguros médicos o sistemas de atención sanitaria a los que puedan recurrir los migrantes.

c_3: Nivel de salario: La cuantía de los ingresos económicos de los migrantes, evaluando si estos corresponden al salario mínimo legal y si son suficientes para cubrir las necesidades básicas de vida.

c_4: Protección social: La existencia y acceso a beneficios de seguridad social, como seguros de enfermedad, accidentes laborales, desempleo y pensiones, que garantizan una red de protección en situaciones críticas.

c_5: Grado de documentación legal: La situación migratoria de los trabajadores, evaluando si cuentan con la documentación requerida para trabajar legalmente en el país, lo que influye en su nivel de derechos y vulnerabilidad.

c_6: Satisfacción y bienestar general: La percepción personal de los migrantes sobre su calidad de vida, condiciones de trabajo y bienestar emocional, medida a través de encuestas y entrevistas que reflejan su estado general de satisfacción en la vida.

Los atributos se valorarán en la siguiente escala lingüística (Tabla 1). Estas valoraciones serán almacenadas para nutrir la base de datos.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [19].

Término lingüístico	**Números SVN**
Extremadamente buena(EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena(B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media(M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

La Tabla 2 muestra una vista con los datos utilizado en este ejemplo.

Tabla 2: Base de datos de casos.

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
a_1	MB	B	MDB	MDB	MB	MMB
a_2	B	MMB	M	M	MB	B
a_3	MB	MMB	M	M	MB	MMB
a_4	B	M	MDB	M	B	B
a_5	M	B	MDB	MDB	M	B
a_6	MB	M	MDB	MDB	B	B
a_7	MDB	M	MDB	M	B	B

Si un funcionario u_e, desea recibir las recomendaciones del sistema deberá proveer información al mismo expresando los datos asociados al caso del migrante con problemas laborales. En este caso:

$$P_e = \{\text{MDB}, \text{M}, \text{MDB}, \text{MDB}, \text{B}, \text{B}\}$$

Una vez que se proporciona el perfil inicial, se calcula la similitud entre el perfil que se analiza y los perfiles almacenados en la base de datos sobre casos anteriores.

Tabla 3: Similitud entre los perfiles almacenados y el perfil del caso que se está evaluando.

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
0.15	0.20	0.10	0.10	0.25	0.95	0.60

En la fase de recomendación se recomendarán aquellos perfiles que más se acerquen al perfil proporcionado. Un ordenamiento de los perfiles basado en esta comparación sería el siguiente.

$$\{a_6, a_7, a_5, a_2, a_1, a_3, a_4\}$$

En caso de que el sistema recomendará los dos perfiles más cercanos, estas serían las recomendaciones:

$$a_6, a_7$$

La aplicación de las recomendaciones provee una vecindad lo más cercano al perfil comparativo para el ejemplo en cuestión la solución es:

$$a_6$$

El sistema de recomendaciones desarrollado ofrece un enfoque basado en la evidencia para la evaluación del derecho laboral de los migrantes en Ecuador, utilizando datos de casos previamente procesados con éxito. Al analizar experiencias previas de procesos efectivos, el sistema proporciona orientaciones prácticas que ayudan a comprender la situación legal y laboral de los migrantes dentro de Ecuador.

4 Discusiones

La situación actual de los derechos laborales de los migrantes en Ecuador presenta un panorama complejo, marcado por desafíos significativos a pesar de la existencia de leyes diseñadas para proteger sus derechos. La Ley de Movilidad Humana, aunque establece un marco legal para la inclusión de migrantes en el ámbito laboral, no ha podido erradicar la discriminación y los obstáculos que enfrentan estos grupos en su búsqueda de empleo digno y estable. Así, la investigación resalta la necesidad urgente de estrategias que transformen el marco legal en realidades palpables para los migrantes, garantizando su efectividad en la práctica [9-26].

La participación en el mercado laboral es crucial para la integración de los migrantes en la sociedad ecuatoriana, no solo para alcanzar sus objetivos de vida, sino también para establecer su identidad. Investigaciones previas sugieren que el acceso al trabajo ayuda a cimentar el estatus social y a fomentar conexiones personales en el nuevo entorno [3-24-26]. Sin embargo, el contexto actual muestra que muchos migrantes enfrentan obstáculos significativos que impiden esta integración, lo que a su vez los sitúa en una posición de vulnerabilidad en el mercado laboral.

Un tema central que emerge es la discriminación laboral, que se manifiesta en diversas formas, desde estereotipos negativos hasta diferencias culturales y lingüísticas. Esta discriminación limita las oportunidades de empleo de los migrantes, relegándolos a trabajos de menor calidad y salario. La experiencia de muchas personas migrantes en Ecuador se traduce en la asunción de roles en condiciones precarias, lo que epidemiológicamente perpetúa su situación de pobreza y desigualdad. Al abordar esta problemática, se hace evidente la necesidad de implementar acciones concretas que erradiquen esta discriminación y promuevan un acceso equitativo al mercado laboral [4].

A pesar de las garantías legales, muchos migrantes se ven forzados a aceptar condiciones laborales desfavorables. Las jornadas largas y agotadoras, junto con la falta de compensación adecuada, aumentan su vulnerabilidad laboral. Este contexto resalta la urgencia de reforzar y hacer cumplir las normas laborales existentes, así como de crear programas inclusivos que protejan de manera efectiva los derechos laborales de los migrantes. Esto no solo es una cuestión de justicia social, sino también un paso necesario para aprovechar el potencial económico que los migrantes pueden ofrecer al país.

La falta de seguridad social y protección laboral se encuentra entre los factores que dificultan la integración plena de los migrantes en el sistema laboral ecuatoriano. Muchos de ellos carecen de acceso a beneficios básicos, lo que les impide disfrutar de una vida digna y segura. Los programas de políticas públicas deben orientarse hacia la creación de un entorno donde los migrantes puedan trabajar y vivir sin miedo a la explotación y la inseguridad. Esto incluye la implementación de medidas que aseguren su inclusión en sistemas de seguridad social.

La percepción que la sociedad tiene sobre los migrantes también juega un papel crucial en su integración laboral. La falta de conciencia y educación sobre los derechos de los migrantes contribuye a perpetuar la discriminación. Es fundamental implementar campañas de sensibilización que informen y eduquen al público en general sobre la importancia de los migrantes y su contribución a la economía y a la cultura del país. La promoción del respeto y la diversidad en el entorno laboral puede ser un catalizador para el cambio [2].

Las políticas de inclusión laboral son esenciales no solo para mejorar la situación de los migrantes, sino también para fomentar un desarrollo social inclusivo. Experiencias en otros países muestran que la integración de migrantes en el mercado laboral puede resultar en beneficios significativos para el crecimiento económico y la cohesión social [8]. Sin embargo, esto requiere enfoques estratégicos que consideren las características únicas de la población migrante y sus necesidades específicas.

A medida que Ecuador continúa enfrentando el fenómeno migratorio, es fundamental adoptar un enfoque integral que reconozca la dualidad de la migración: un desafío y una oportunidad. Las recomendaciones elaboradas

en este sistema son un paso hacia la transformación de la narrativa sobre los migrantes en el país, promoviendo su valor y necesitando condiciones laborales justas y equitativas. Así, se genera un camino hacia la inclusión, tanto en el ámbito laboral como en la sociedad en general.

El sistema legal de los derechos laborales de los migrantes en Ecuador tiene como objetivo asegurar la protección y la igualdad de oportunidades para todos los empleados, independientemente de su origen o estatus migratorio. Estas leyes tienen como objetivo establecer un entorno laboral justo y equitativo para que los migrantes puedan desarrollarse plenamente y contribuir al desarrollo económico del país.

Por otro lado, es evidente que hay una postura normativa clara en relación a los migrantes en situación regular y su acceso a la seguridad social, pero no hay pruebas de que se les otorgue esta misma protección a los migrantes en situación no regular, lo que les vulnera sus derechos, y les impide disfrutar plenamente de los principios de inclusión, no discriminación y solidaridad promovidos por diversos organismos internacionales [6-20-21]. Por consiguiente, es importante señalar que una de las principales medidas que adoptan los Estados para atender a la realidad migratoria consiste en otorgar documentación o fomentar procesos de regularización [5-22-23].

La investigación subraya la necesidad de continuar trabajando en políticas que promuevan la inclusión y protección de los derechos laborales de los migrantes en Ecuador. La transformación de la legislación vigente en realidades efectivas es esencial para garantizar que los migrantes no sean vistos como una carga, sino como un recurso valioso que puede contribuir al enriquecimiento del tejido social y económico del país. La implementación de un sistema de recomendaciones bien estructurado puede ser el primer paso hacia una mayor equidad, inclusión y respeto por los derechos humanos de todos los trabajadores en Ecuador.

5 Conclusión

La situación laboral de los migrantes en Ecuador presenta importantes obstáculos. A pesar de que la Ley de Movilidad Humana y otras leyes laborales brindan cierta protección legal, los derechos laborales de los migrantes no siempre se respetan en la práctica. Para muchos migrantes, la discriminación en el mercado laboral sigue siendo un obstáculo para acceder a un empleo digno. Además, son comunes las condiciones laborales precarias, que incluyen jornadas de trabajo excesivas, salarios bajos e inseguridad laboral. Es esencial que el gobierno y la sociedad tomen medidas para asegurar que los migrantes en Ecuador puedan ejercer plenamente sus derechos laborales y tener un trabajo decente y justo.

Es fundamental fomentar la inclusión social de los migrantes, otorgándoles acceso a servicios básicos como la educación y la atención médica, así como oportunidades para el crecimiento personal y profesional. Para encontrar soluciones conjuntas y sostenibles a los desafíos laborales que enfrentan, el gobierno, los empresarios y las organizaciones de migrantes deben establecer mecanismos de diálogo y cooperación.

Por tanto, la creación de programas enfocados en la capacitación y el emprendimiento para los migrantes puede ser una estrategia efectiva para fomentar su inserción laboral y contribuir al crecimiento económico del país. Es fundamental que el gobierno y la sociedad ecuatoriana colaboren para asegurar que los migrantes en el país tengan las mismas oportunidades y puedan utilizar plenamente sus derechos laborales. Será posible alcanzar una verdadera inclusión y cohesión social en Ecuador solo a través de un enfoque integral, basado en la igualdad y la justicia. Además, es imprescindible fortalecer el trabajo de los ecuatorianos, con mejores salarios, incremento de puestos de trabajos y mejores beneficios sociales y de salud.

Referencias

[1] D. H. T. Salazar, and L. P. C. Tobar, "Comercio informal y género: Un estudio de caso en el cantón Latacunga," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 6, pp. 884-896, 2023.

[2] N. V. Quevedo Arnaiz, M. N. Acurio Jaramillo, and M. S. Paguay Pogo, "Derechos de los inmigrantes en la ley ecuatoriana. Instrumento para medir datos sobre la inmigración," *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores,* vol. 8, no. SPE3, 2021.

[3] A. D. Macías-Díaz, R. E. Atencio-González, and G. A. Andrade-Olvera, "Regulación de la migración en el marco de la Ley de movilidad humana en Ecuador," *Iustitia Socialis. Revista Arbitrada de Ciencias Jurídicas y Criminalísticas,* vol. 7, no. 12, pp. 48-52, 2022.

[4] M. S. Copo, J. A. S. Guerrero, J. R. Z. Guevara, and T. A. S. Loor, "Dilema ético en la vida social y una economía global," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 5, pp. 278-290, 2024.

[5] P. Carrillo Gutiérrez, and J. C. Diaz Argueta, "Derechos laborales de los migrantes en situación irregular," *Justicia,* vol. 28, no. 44, pp. 1-14, 2023.

[6] R. E. Atencio González, J. E. Coronel Piloso, and T. R. Torres Castillo, "La seguridad social de los migrantes en Ecuador frente a la protección de Organismos Internacionales," *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores,* vol. 8, no. 3, 2021.

[7] N. G. Barbieri, J. Ramírez Gallegos, M. d. P. Ospina Grajales, B. P. Cardoso Campos, and S. Polo Alvis, "Respuestas de los países del pacífico suramericano ante la migración venezolana: estudio comparado de políticas migratorias en Colombia, Ecuador y Perú," *Diálogo andino*, no. 63, pp. 219-233, 2020.

[8] M. Y. L. Vázquez, N. B. Hernández, and V. V. Falcón, "Derechos humanos, movilidad y situación de los migrantes venezolanos y colombianos en Ecuador," *Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina,* vol. 11, no. Especial 2, pp. 62-78, 2023.

[9] M. J. Mera-Lemp, R. Ramírez-Vielma, M. d. l. Á. Bilbao, and G. Nazar, "La discriminación percibida, la empleabilidad y el bienestar psicológico en los inmigrantes latinoamericanos en Chile," *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones,* vol. 35, no. 3, pp. 227-236, 2019.

[10] L. M. H. Troya, "La administración de empresas: un pilar fundamental para el éxito empresarial," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 6, pp. 438-446, 2024.

[11] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[12] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[13] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[14] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[15] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[16] R. G. Ortega, M. D. O. Rodríguez, M. L. Vázquez, J. E. Ricardo, J. A. S. Figueiredo, and F. Smarandache, *Pestel analysis based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers for the sinos river basin management*: Infinite Study, 2019.

[17] F. Smarandache, J. E. Ricardo, E. G. Caballero, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, *Delphi method for evaluating scientific research proposals in a neutrosophic environment*: Infinite Study, 2020.

[18] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeutroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.

[19] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[20] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[21] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[22] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[23] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[24] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[25] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[26] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 22, 2025. Aceptado: marzo 12, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Mapa Cognitivo Neutrosófico para evaluar el estado de la violencia de género y migración en Ecuador

Neutrosophic Cognitive Map to assess the state of gender violence and migration in Ecuador

Josía Jeseff Isea Arguelles [1], Luis Andrés Crespo Berti [2], Carlos Javier Lizcano Chapeta [3], and Carmen Marina Méndez Cabrita [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. ui.josiaia82@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. ui.luiscrespo@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. ui.carloslizcano@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. ut.carmenmmc56@uniandes.edu

Resumen. El objetivo de esta investigación es implementar un Mapa Cognitivo Neutrosófico para evaluar el estado de la violencia de género y migración en Ecuador. La violencia de género en las personas migrantes en Ecuador es una cuestión real y compleja que merece atención. Este grupo enfrenta una variedad de factores que contribuyen a la violencia de género, incluyendo la falta de apoyo y redes de contención, así como la discriminación y la estigmatización. Además, las mujeres migrantes deben lidiar con desafíos adicionales, como la barrera del idioma y la falta de conocimiento sobre sus derechos, lo que puede agravar su situación de vulnerabilidad. A pesar de la existencia de leyes específicas y mecanismos de protección establecidos por el Estado ecuatoriano, muchas veces estos no son suficientes ni efectivos para garantizar la seguridad y el bienestar de las mujeres migrantes. Por lo tanto, es crucial comprender a fondo las dinámicas que rodean la violencia de género en este contexto migratorio para poder desarrollar estrategias más eficaces de intervención y protección. La implementación de un Mapa Cognitivo Neutrosófico permitirá visualizar y analizar de manera integral las interrelaciones entre la violencia de género y la migración, contribuyendo así a un enfoque más informado y estratégico sobre cómo abordar esta problemática en el país.

Palabras Claves: Mapa Cognitivo Neutrosófico, migración; derechos de la mujer; violencia de género.

Abstract. The objective of this research is to implement a Neutrosophic Cognitive Map to assess the status of gender-based violence and migration in Ecuador. Gender-based violence against migrants in Ecuador is a real and complex issue that deserves attention. This group faces a variety of factors that contribute to gender-based violence, including a lack of support and safety networks, as well as discrimination and stigmatization. Furthermore, migrant women must deal with additional challenges, such as the language barrier and lack of knowledge about their rights, which can exacerbate their vulnerability. Despite the existence of specific laws and protection mechanisms established by the Ecuadorian State, these are often insufficient or ineffective to guarantee the safety and well-being of migrant women. Therefore, a thorough understanding of the dynamics surrounding gender-based violence in this migratory context is crucial in order to develop more effective intervention and protection strategies. The implementation of a Neutrosophic Cognitive Map will allow for a comprehensive visualization and analysis of the interrelationships between gender-based violence and migration, thus contributing to a more informed and strategic approach to addressing this issue in the country.

Keywords: Neutrosophic Cognitive Map, migration; women's rights; gender-based violence.

1 Introducción

En Ecuador, la migración ha aumentado significativamente en los últimos años, lo que ha coincidido con un aumento de la violencia de género. Por lo tanto, es esencial examinar las relaciones existentes entre ambos fenómenos para encontrar soluciones y políticas efectivas que protejan los derechos de las mujeres migrantes. En este orden de ideas, con altos índices de violencia física, sexual y psicológica que afectan principalmente a las mujeres, Ecuador enfrenta importantes desafíos en cuanto a la violencia de género [1]. Esta violencia se refleja tanto en el hogar como en la calle, y puede ser perpetrada por parejas, familiares, desconocidos e incluso por agentes de violencia institucional. Para comprender sus causas y efectos, así como para crear métodos efectivos de prevención y protección de las víctimas, es necesario un análisis exhaustivo de esta cuestión [2].

De acuerdo a las Naciones Unidas, en las Américas, hay 73,5 millones de migrantes y 22,1 millones de desplazados forzosos, todos ellos con necesidades de protección internacional o de asistencia humanitaria. De esas personas, se estima que el 46% (casi 10 millones) son mujeres y niñas. Al respecto, las formas de violencia contra las mujeres son una violación de los derechos humanos de las mujeres, ya que limitan su derecho a la vida, a la igualdad, la libertad y seguridad, a no ser discriminadas, a recibir la misma protección legal, a tener una buena salud física y mental y a no sufrir torturas ni tratos crueles o degradantes [3-36-37].

Por otro lado, en Ecuador, desde el 22 de junio de 2023, se han registrado 122 asesinatos de mujeres, y los casos individuales se están agregando a medida que avanza el año. Existe una posibilidad de una crisis en la ciudad de Guayaquil, en la provincia del Guayas [4]. En tal sentido, la violencia de género contra las mujeres es un problema social importante que se basa en las desigualdades de poder y las normas culturales que perpetúan la discriminación y la subordinación de las mujeres. Esta forma de violencia incluye actos físicos, sexuales, psicológicos, económicos o emocionales dirigidos específicamente a las mujeres debido a su género. Es una violación de los derechos humanos y afecta a mujeres de todo el mundo de todas las edades, culturas y clases sociales [5]

Figura 1. La violencia de género en migración.

En la figura 1, se observa la vinculación la violencia producto de las desigualdades, que las mujeres experimenta durante el proceso migratorio, y que va en contra de sus derechos humanos. Por otro lado, la expresión de la violencia de género existe en el diario vivir de las personas y puede manifestarse de diversas maneras. En muchos casos, ocurre de manera indiscriminada en el lugar de origen, durante el viaje migratorio y en el lugar de arraigo de las migrantes [6]. Al respecto, el maltrato es un problema común en las sociedades modernas que debe ser erradicado, ya que, si no se elimina o disminuye significativamente, se estará lejos de haber alcanzado la verdadera igualdad entre hombres y mujeres. Las consecuencias de este comportamiento machista son graves y difíciles de curar para las mujeres que lo experimentan y sus hijos [7].

En este mismo orden, debido a diversos factores socioeconómicos y políticos, la migración en Ecuador ha experimentado un notable aumento en los últimos años. Las personas migrantes buscan mejores oportunidades laborales, educativas o de seguridad en otras naciones, lo que implica dejar atrás su lugar de origen. En Ecuador, la mayoría de las personas emigran hacia Estados Unidos, España e Italia. Por ello, la violencia de género puede verse significativamente afectada por la migración. Las mujeres migrantes pueden ser más vulnerables a la violencia de género debido a la falta de apoyo social y familiar, así como a la exposición a nuevas normas culturales. Además, hay pruebas de que la migración está estrechamente relacionada con ciertas formas de violencia de género, como la trata de personas y la explotación laboral. Es esencial comprender y abordar de manera efectiva la relación entre la violencia de género y la migración [8-38-39].

Para abordar esta problemática, el Estado ecuatoriano, a través de sus diferentes poderes, trabaja por mantener la paz y garantizar una vida digna a todas las personas que se asientan en el país. El tema de los abusos generados por la vulnerabilidad de ser mujer migrante ha generado problemas que trastocan casos de violencia psicológica o sexual [9]. Por los tanto, "el Estado debe velar por los derechos de las personas en situación de movilidad y ejercerá la rectoría de la política migratoria a través del órgano competente en coordinación con los distintos niveles de Gobierno" [10].

Basado en el contexto descrito, la presente investigación tiene como objetivo implementar un Mapa Cognitivo Neutrosófico para evaluar el estado de la violencia de género y migración en Ecuador.

2 Materiales y métodos

Los problemas presentes como consecuencia de la violencia de género y migración en Ecuador, pueden ser modelado como un problema de toma de decisiones multicriterio a partir del conjunto de personas que representan

las alternativas a analizar en el proceso de evaluación en el que:

El número de mujeres P= $\{P_1, \dots P_n\}$, $n \geq 1$,

Que poseen un conjunto de criterios de violencia de género que representan los múltiples criterios valorativos donde:

C= $\{C_1, \dots C_m\}$, $m \geq 2$.

La investigación ha sido desarrollada utilizando un enfoque cualitativo a partir del uso del método científico [11]. Utiliza técnicas de inteligencia artificial para evaluar e el estado de la violencia de género y migración en Ecuador, a partir del método científico del criterio de expertos para obtener la base de conocimiento necesaria en el desarrollo de la investigación [12-14-40-41]. Para el desarrollo de la presente investigación se modeló las relaciones causales asociadas los indicadores para evaluar el estado de la violencia de género y migración en Ecuador.

Definición 1: Modelos causales: existen diferentes tipos de causalidad que son expresadas en forma de grafos, donde cada modelo causal que se puede representar por un grafo son representaciones de la causalidad entre conceptos [15-17]. Los modelos causales permiten modelar la causa o efecto de un determinado evento [18], [19], [20] . La Figura 2 muestra un esquema con las diferentes relaciones causales.

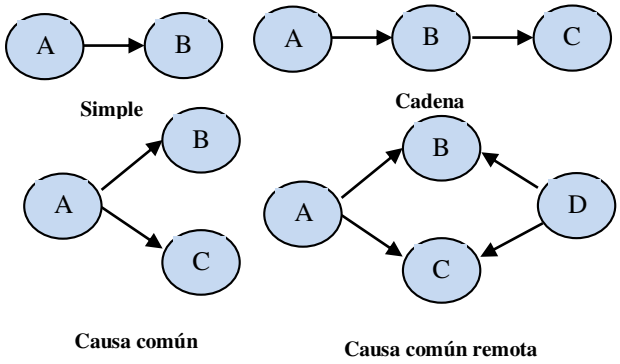


Figura 2. Ejemplo de grafos causales.

Un Mapa Cognitivo Neutrosófico (MCN) es una técnica que permite la representación de las relaciones causales de diferentes conceptos propuesta por Kosko [21] como una extensión de los modelos mentales empleando valores difusos en un intervalo de [-1,1] [22], [23]. Los MCN se representan mediante modelos difusos con retroalimentación para representar causalidad [24, 25]. En el MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos [26]:

• $W_{ij} > 0$, indica una causalidad positiva entre los conceptos C_j y C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva al incremento (o disminución) en el valor de C_i.

• $W_{ij} < 0$, indica una causalidad negativa entre los conceptos C_j y C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva a la disminución (o incremento) en el valor de C_i.

• $W_{ij} = 0$, indica la no existencia de relaciones entre los conceptos C_j y C_i.

2.2 Método para evaluar el estado de la violencia de género y migración en Ecuador

El sistema propuesto está estructurado para soportar el proceso de gestión para evaluar el estado de la violencia de género y migración en Ecuador. Basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio multiexperto donde se modela el estado de la violencia de género y migración, a partir del conjunto de criterios. Utiliza en su inferencia modelos causales como forma de representar el conocimiento a partir de la técnica de inteligencia artificial Mapa Cognitivo Neutrosófico. El método está diseñado mediante una arquitectura en tres capas para modelar el negocio propuesto: (1) Entradas, (2) Procesamiento, y (3) Salidas.

- Las entradas del sistema: representan el conjunto de casos a analizar, los criterios de evaluación, relaciones asociadas, las relaciones causales que poseen los criterios y los expertos que intervienen en el sistema para establecer las relaciones causales.
- El procesamiento del sistema: se realiza mediante el flujo de trabajo que conforman las cinco actividades del núcleo de inferencia para evaluar el estado de la violencia de género y migración en Ecuador.
- Las salidas del sistema: representan los resultados del procesamiento donde se obtiene la evaluación del estado de la violencia de género y migración.

Específicamente la etapa de Procesamiento del método para evaluar el estado de la violencia de género y migración en Ecuador, está conformado por cinco actividades: (i) identificación de los criterios evaluativos; (ii) determinación de las relaciones causales; (iii) identificación de los pesos atribuidos a los criterios; (iv) identificación del estado del cumplimiento de los criterios; y (v) generación de la evaluación, que son descritas a continuación:

Actividad 1 identificación de los criterios evaluativos: La identificación de los criterios evaluativos representa la actividad en la que se determinan el conjunto general de criterios que representan la base de inferencia. Se utiliza un enfoque multicriterio para analizar la base de casos, por lo que se identifican la mayor cantidad de manifestaciones posibles.

Actividad 2 determinación de las relaciones causales: La determinación de las relaciones causales utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Garantiza la representación del conocimiento causal. La actividad consiste en extraer el conocimiento que poseen los expertos sobre los criterios de evaluación [27, 28]. Las relaciones causales son expresadas mediante un dominio de valores que expresan relaciones de implicación directas o inversas para lo cual se utiliza la escala tal como muestra la Tabla1. Esta actividad es muy importante ya que el conocimiento que poseen los expertos sobre los criterios en la base de casos analizada.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente Alta (EB)	[1,0,0]
Muy muy Alta (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy Alta (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Alta (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente Alta (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente baja (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Baja (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy baja (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy baja (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente baja (EM)	[0,1,1]

Durante la determinación de las relaciones causales se realiza un proceso de agregación donde se obtiene un arreglo denominado matriz de adyacencia que representa los valores asignados a los arcos [29] de modo que:

$$M = \begin{bmatrix} \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & W_{ij} & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \end{bmatrix}$$

La matriz de adyacencia $M = M(C_i C_j)$ representa el valor causal de la función del arco, el nodo C_i que es imparte C_j. C_i incrementa causalmente a C_j si $M_{ij} = -1$, y no imparte causalmente sí $M_{ij} = 0$.

Actividad 3 identificación de los pesos atribuidos a los criterios evolutivos: a partir de la obtención en la actividad 2 de la matriz de adyacencia, los valores agregados emitidos por los expertos agrupados, conforman las relaciones con los pesos de los nodos, a través del cual es generado el Mapa Cognitivo Neutrosófico resultante [30]. Mediante un análisis estático del resultado de los valores obtenidos en la matriz de adyacencia se puede calcular el grado de salida utilizándose la ecuación (1) donde se obtienen los pesos atribuidos a cada criterio [31-33].

$$id_i = \sum_{i=1}^{n} \left\| I_{ji} \right\| \tag{1}$$

Actividad 4 identificación del estado del cumplimiento de los criterios: consiste en determinar el estado de las preferencias presentes en los casos de análisis. La Tabla 2 muestra el dominio de valores con sus etiquetas lingüísticas utilizados para expresar las preferencias sobre el estado de la violencia de género y migración en Ecuador.

Tabla 2: Dominio de valores para expresar preferencias sobre el estado de la violencia de género y migración en Ecuador.

Valor	Impacto
[0,1,1]	Ausencia del criterio (AS)
[0.20,0.85,0.80]	Ligera presencia del criterio (LP)
[0.50,0.50,0.50]	Baja presencia del criterio (BP)
[0.70,0.25,0.30]	Presencia del criterio (PS)
[1,0,0]	Alta presencia del criterio (AP)

Actividad 5 generación de la evaluación: el proceso del diagnóstico se basa en la simulación del escenario propuesto por Glykas [34] los nuevos valores de los conceptos expresan la influencia de los conceptos interconectados al concepto específico y se calculan mediante la ecuación (2):

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1;\, j\neq i}^{n} A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \quad (2)$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji}: es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y f (x) es la función de activación.

3 Resultados y discusión

La presente sección se realiza una descripción de la implementación del Mapa Cognitivo Neutrosófico para evaluar el estado de la violencia de género y migración en Ecuador. A partir del análisis de casos es posible determinar el comportamiento de las diferentes alternativas en función de evaluar el estado de la violencia de género y migración. A continuación se describen los resultados del estudio:

Actividad 1 identificación de los criterios evaluativos:

El proceso de selección de los criterios representa la identificación de los criterios que caracterizan el estado de la violencia de género y migración en Ecuador. Para determinar los criterios se utilizó el criterio de experto. El panel de expertos convocado para evaluar el estado de la violencia de género y migración en Ecuador está compuesto por profesionales de diversas disciplinas, cada uno con una amplia trayectoria en sus respectivos campos. Este enfoque multidisciplinario permite abordar la complejidad del tema desde diferentes perspectivas, enriqueciendo así el análisis.

El panel estuvo compuesto por un sociólogo con más de 20 años de experiencia en estudios sobre migración y género. Su trabajo se ha centrado en la intersección de estos temas en contextos latinoamericanos, lo que le proporciona una comprensión profunda de los factores sociales, económicos y culturales que influyen en la violencia de género en poblaciones migrantes. Su visión crítica y analítica es fundamental para identificar patrones y proponer soluciones efectivas. Además, una experta en derechos humanos, que ha dedicado su carrera a la defensa de los derechos de las mujeres, particularmente aquellas en situaciones de vulnerabilidad como las migrantes. Ha trabajado en varias ONG y organismos internacionales, desarrollando políticas públicas y programas de protección. Su dedicación a la justicia social y su experiencia en la implementación de mecanismos de protección la convierten en una voz valiosa en el panel.

También se contó con la colaboración de una psicóloga con especialización en violencia intrafamiliar y trauma. Con amplia experiencia en atención a víctimas, su enfoque se centra en las dinámicas emocionales y psicológicas que afectan a las mujeres migrantes. Su participación en el panel asegura que se tomen en cuenta las implicaciones psicológicas de la violencia de género en el proceso migratorio. Se incluyó además a abogada, quien se especializa en legislación sobre género y migración. Su experiencia en el ámbito legal es fundamental para evaluar cómo las leyes existentes pueden proteger o, en ocasiones, fallar en su objetivo de proteger a las mujeres migrantes. Su visión crítica de las leyes y políticas actuales aporta claridad a las lagunas que necesitan ser abordadas. El último integrante del panel de expertos fue un investigador en el ámbito de salud pública. Su enfoque se centra en el impacto de la violencia de género en la salud de las mujeres migrantes, facilitando así un análisis integral que considera no solo los aspectos legales y sociales, sino también las repercusiones en el bienestar físico y mental de las víctimas. Con el trabajo conjunto de los expertos, se llegó a las siguientes conclusiones propuestas en la tabla 3.

Tabla 3: Identificación de los criterios evaluativos.

Nodo	Criterio	Definición
C_1	Prevalencia de la violencia de género	Este criterio evalúa la frecuencia y los tipos de violencia de género que enfrentan las mujeres migrantes en Ecuador. Incluye la violencia física, sexual y psicológica, así como el análisis de las denuncias y casos reportados. Comprender la prevalencia es esencial para identificar la magnitud del problema y orientar las intervenciones adecuadas.
C_2	Acceso a servicios de apoyo	Este criterio mide la disponibilidad y accesibilidad de servicios de apoyo, como refugios, asistencia legal y apoyo psicológico. Evaluar cómo las mujeres migrantes acceden a estos recursos permite identificar posibles barreras y áreas de mejora en el sistema de apoyo.
C_3	Conocimiento de derechos	Este criterio se centra en el nivel de conocimiento que tienen las mujeres migrantes sobre sus derechos en el contexto ecuatoriano. Un alto nivel de desconocimiento

Nodo	Criterio	Definición
		puede limitar su capacidad para buscar ayuda y apoyo, lo que perpetúa la violencia de género.
C_4	Efectividad de las políticas públicas	Aquí se evalúa cómo las políticas y leyes existentesdirigidas a la protección de las mujeres migrantes han sido implementadas y su eficiencia. Este análisis ayuda a identificar las lagunas en la legislación actual y su impacto en la vida real de las víctimas.
C_5	Redes de apoyo comunitario	Este criterio evalúa la existencia y funcionalidad de redes de apoyo comunitarias para mujeres migrantes, incluidas organizaciones no gubernamentales y grupos de apoyo locales. Las redes pueden ofrecer recursos vitales y un sentido de comunidad que ayuda a combatir la violencia de género.

Actividad 2 determinación de las relaciones causales:

La determinación de las relaciones causales de los criterios para evaluar el estado de la violencia de género y migración en Ecuador, se utiliza en la escala propuesta en la Tabla 1, donde participaron los 5 expertos, se obtuvieron los 5 Mapas Cognitivos Neutrosóficos agregando las respuestas en un único resultado. La Tabla 4 muestra la matriz de adyacencia obtenida como resultado del proceso.

Tabla 4: Matriz de adyacencia resultante.

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	[0, 0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8,0,15,0.20]
C_2	[0.8,0,15,0.20]	[0, 0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]
C_3	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8,0,15,0.20]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_5	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.8,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]

Actividad 3 identificación de los pesos atribuidos a los criterios:

Para la identificación de los pesos se tiene en cuenta la base de conocimiento almacenada en la matriz de adyacencia de la Tabla 4, aplicando la función (1), se obtiene el comportamiento del peso atribuido a los criterios. La Tabla 5 muestra los pesos resultantes.

Tabla 5: Peso atribuido a los criterios.

ID	Criterios	Peso
C_1	Prevalencia de la violencia de género	[0.92, 0.1, 0.1]
C_2	Acceso a servicios de apoyo	[0.9, 0.1, 0.1]
C_3	Conocimiento de derechos	[0.9, 0.1, 0.1]
C_4	Efectividad de las políticas públicas	[0.9, 0.1, 0.1]
C_5	Redes de apoyo comunitario	[0.92, 0.1, 0.1]

Actividad 4 identificación de las preferencias de los criterios:

A partir de la interacción con los casos de análisis se determina la preferencia que poseen sobre los criterios. La Tabla 6 muestra los valores resultantes.

Tabla 6: Preferencia atribuida a los criterios evaluativos.

Alternativa	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.50,0.50,0.50]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.50,0.50,0.50]

Actividad 5 generación de la evaluación

A partir del proceso de simulación de escenario, se obtuvieron las predicciones de los comportamientos en el tiempo de los casos de análisis mediante el empleo de la ecuación (2). La predicción modela las relaciones de causalidad de los criterios y prevé la evolución en los casos de análisis. La Figura 3 muestra el resultado de la simulación realizada.

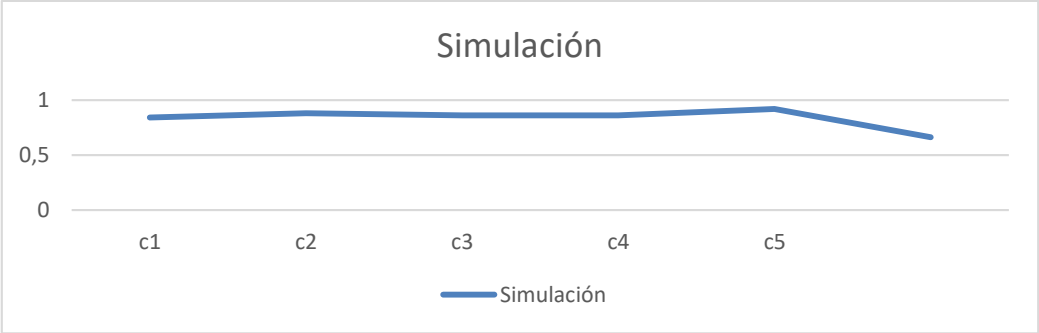


Figura 3: Resultado la evaluación del estado de la violencia de género y migración en Ecuador.

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas y el desarrollo de los criterios se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia de un caso. La Tabla 7 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 7: Procesamiento y evaluación.

Alternativa A_1	Pesos	Preferencias	Agregación
C_1	[0.92, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_2	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.50,0.50,0.50]	[0.7, 0.1, 0.1]
C_3	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_5	[0.92, 0.1, 0.1]	[0.50,0.50,0.50]	[0.71, 0.1, 0.1]
Índice			**[0.79, 0.1, 0.1]**

A partir del índice determinado se realiza una comparación del valor obtenido donde se evidencia un índice actual de un I= 0.79, para el caso analizado representa una alta presencia de violencia de género en Ecuador.

4 Análisis de los resultados

La implementación del Mapa Cognitivo Neutrosófico ha revelado un preocupante índice de 0.79 en la evaluación del estado actual de la violencia de género y migración en Ecuador, indicando una alta presencia de esta problemática. Este resultado resalta la urgencia de abordar de manera integral los factores que contribuyen a la violencia de género en la población migrante, ya que el contexto y las condiciones en las que viven estas mujeres son, sin lugar a dudas, determinantes en su bienestar y seguridad.

Diversos factores influyen en la violencia de género entre migrantes, como la desigualdad de género, la discriminación, y la falta de acceso a recursos financieros. Estos elementos crean un caldo de cultivo que aumenta la vulnerabilidad de las mujeres migrantes, restringiendo su capacidad para buscar ayuda y denunciar abusos. Los estudios de [35] enfatizan la necesidad de abordar estos factores desde un enfoque holístico, que considere no solo la violencia en sí, sino también las estructuras sociales que la perpetúan. Al implementar programas que fortalezcan las redes de apoyo y el acceso a recursos, se pueden mitigar significativamente estos riesgos.

Una parte considerable de las mujeres migrantes enfrenta situaciones de acoso, violaciones e intimidación durante su trayecto. El 51% de las encuestadas expresó haberse sentido insegura durante su migración, mientras que un alarmante 42% afirmó haber experimentado violencia sexual. Este contexto pone de manifiesto la necesidad de crear espacios seguros para las migrantes, especialmente durante las etapas más críticas de su viaje o al llegar a un nuevo país. Es fundamental que los gobiernos y organizaciones implementen medidas efectivas que garanticen la seguridad de estas mujeres desde el primer momento de su llegada [7].

La migración, aunque puede ofrecer oportunidades de empoderamiento y autonomía para algunas mujeres, también presenta peligros adicionales que no deben ser ignorados. Las desigualdades de poder entre migrantes y las comunidades de acogida, junto con la exclusión social, pueden ejercer una presión adicional sobre las mujeres migrantes, haciendo que sean más propensas a sufrir violencia de género. En [9-42] se señala que es esencial desarrollar estrategias que fomenten entornos seguros y justos, donde la protección de los derechos de las migrantes sea prioritaria, evitando así que se conviertan en víctimas de la violencia.

Adicionalmente, las migrantes en Ecuador tienen experiencias diversas de violencia sexual a lo largo de su proceso migratorio. Algunas se ven atrapadas en situaciones de trata de personas y explotación laboral, mientras que otras sufren violencia física y psicológica. Esta diversidad de experiencias resalta la complejidad de la situación y la necesidad de políticas y programas que aborden estas distintas formas de violencia de manera efectiva.

Ecuador ha implementado diversas iniciativas y políticas destinadas a combatir la discriminación de género entre migrantes, con un enfoque particular en la protección de las mujeres. La creación de leyes y mecanismos de

protección es un paso positivo, no obstante, es vital evaluar su efectividad en la vida cotidiana de las migrantes. Los servicios especializados, como centros de acogida y apoyo psicológico, son ejemplos de buenas prácticas que deberían ser ampliados y mejorados para garantizar una atención integral a las víctimas.

Es igualmente importante resaltar que la concientización y la educación sobre la violencia de género son cruciales para empoderar a la población migrante. Programas de prevención y sensibilización son necesarios para aumentar la conciencia acerca de los derechos de las mujeres y los recursos disponibles, así como para fomentar relaciones equitativas y justas en todos los niveles de la sociedad.

La colaboración internacional es esencial para abordar la violencia de género entre migrantes. La creación de alianzas y programas de cooperación con otros países y organizaciones puede fortalecer las respuestas a esta problemática, facilitando el intercambio de buenas prácticas y recursos. La violencia de género es un problema global que requiere soluciones colectivas, y Ecuador no debe estar aislado en su lucha.

El Estado ecuatoriano ha establecido medidas y leyes significativas para prevenir y erradicar la violencia de género. Sin embargo, la implementación efectiva de estas políticas es la clave para lograr un cambio real en la situación de las mujeres migrantes. Es imperativo que todos los actores clave se unan en este esfuerzo, garantizando que la protección y el empoderamiento de las mujeres migrantes en Ecuador sean una prioridad en la agenda nacional y regional.

5 Conclusión

A partir del desarrollo de la investigación propuesta, se obtuvo un método para evaluar el estado de la violencia de género y migración en Ecuador. El método está basado en un enfoque multicriterio multiexperto. La implementación del sistema propuesto, posibilitó la obtención del Mapa Cognitivos Neutrosófico agregado con la representación de las relaciones causales para evaluar el estado de la violencia de género y migración en Ecuador.

La investigación sobre la violencia de género y migración en Ecuador ha revelado una significativa presencia de esta problemática entre la población migrante. Los hallazgos destacan la complejidad de los factores que contribuyen a la violencia de género, incluyendo desigualdades de género, falta de recursos, discriminación y barreras culturales. A pesar de los esfuerzos del Estado ecuatoriano por implementar leyes y mecanismos de protección, las mujeres migrantes continúan enfrentando un alto riesgo de violencia durante su trayecto y en su nuevo entorno. La necesidad de fortalecer las redes de apoyo, mejorar el acceso a servicios de protección y llevar a cabo campañas de sensibilización se hace evidente. Además, la investigación sugiere que es fundamental fomentar la colaboración internacional y desarrollar políticas integrales que aborden tanto los efectos positivos como negativos de la migración en la violencia de género. Los resultados resaltan la necesidad de un enfoque coordinado y multidisciplinario para transformar esta problemática en una prioridad y garantizar la seguridad y bienestar de las mujeres migrantes en el país.

Referencias

[1] L. A. A. Luna, G. I. A. Angulo, C. T. V. Herrera, S. A. A. García, A. R. P. Gutiérrez, and V. M. V. Macias, "El sistema judicial ecuatoriano: un análisis de los asesinatos intencionales de mujeres y feminicidios (2014-2023)," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 6, pp. 130-144, 2024.

[2] K. N. P. Bonilla, and I. Á. G. Gonzalez, "Resiliencia y violencia intrafamiliar en mujeres," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 5, pp. 28-37, 2024.

[3] M. J. Pinargote-Zamora, "Derechos humanos y violencia de género en Ecuador," *Revista Científica de Psicología NUNA YACHAY-ISSN: 2697-3588.,* vol. 5, no. 10, pp. 2-16, 2022.

[4] D. J. Zapata, and A. d. R. P. Delgado, "Consumo de alcohol y violencia intrafamiliar en adultos jóvenes," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 5, pp. 99-110, 2024.

[5] B. M. N. Paredes, D. F. G. Zurita, and R. J. Estupiñan, "Justicia restaurativa en la normativa ecuatoriana en el procedimiento expedito de violencia contra la mujer," *Iustitia Socialis: Revista Arbitrada de Ciencias Jurídicas y Criminalísticas,* vol. 8, no. 1, pp. 33, 2023.

[6] M. Romero, "Experiencias de violencia de género en mujeres migrantes bolivianas residentes en Tarapacá, Chile," *Estudios fronterizos,* vol. 23, 2022.

[7] M. d. C. V. Esteban, and M. C. C. Moltó, "Autoconcepto de mujeres migrantes maltratadas víctimas de violencia machista: una propuesta educativa para ayudar a recuperar el equilibrio emocional a través de la danza," *Estudios pedagógicos,* vol. 46, no. 2, pp. 421-445, 2020.

[8] E. Torre Cantalapiedra, "Mujeres migrantes en tránsito por México. La perspectiva cuantitativa y de género," *La ventana. Revista de estudios de género,* vol. 6, no. 54, pp. 209-239, 2021.

[9] M. D. Granja Camacho, "Los derechos de las mujeres migrantes y la garantía dentro del Estado ecuatoriano," *Revista Científica UISRAEL,* vol. 8, pp. 147-161, 2021.

[10] E. J. A. Lara, L. V. D. J. De Jesús, A. C. C. Carrión, and M. E. I. Miranda, "El derecho constitucional a la inclusión de las personas en situación de movilidad," *Iustitia Socialis: Revista Arbitrada de Ciencias Jurídicas y Criminalísticas,* vol. 9, no. 1, pp. 211-219, 2024.

[11] R. Sampieri, C. F. Collado., and P. B. lucio, "Metodología de la investigación," *México* vol. ISBN: 970-10-5753-8, 2006.

[12] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[13] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[14] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[15] M. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and F. Smarandache, *Enhancing set-theoretic research methods with neutrosophic sets*: Infinite Study, 2024.

[16] M. Y. L. Vázquez, N. B. Hernández, J. E. Ricardo, and J. F. G. García, "Aplicación de análisis de sentimientos y enfoques neutrosóficos para la comprensión de información textual en la investigación," *Revista Conrado,* vol. 19, no. 94, pp. 294-300, 2023.

[17] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, *La Neutrosofía como herramienta para abordar la vaguedad lingüística en el análisis de textos de dilemas etico*: Infinite Study, 2024.

[18] C. Goodier, S. Austin, and R. Soetanto, "Causal mapping and scenario building with multiple organizations," *Futures,* vol. 42, no. 3, pp. 219-229, 2010.

[19] C. Strauch, U.-L. S. Sites, and W. Kriha, "NoSQL databases," *Lecture Notes, Stuttgart Media University,* vol. 20, 2011.

[20] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[21] B. KOSKO, "Fuzzy cognitive maps," *International Journal of Man-Machine Studies,* vol. 24, no. 1, pp. 65-75, 1986.

[22] J. Salmeron, "Augmented fuzzy cognitive maps for modeling LMS critical success factors," *Knowledge-Based Systems,* vol. 22 no. 4, pp. 275-278, 2009.

[23] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[24] M. Glykas, and P. Groumpos, "Fuzzy Cognitive Maps: Basic Theories and Their Application to Complex Systems Fuzzy Cognitive Maps " *Springer Berlin / Heidelberg.*, pp. 1-22, 2010.

[25] Gonzalo Nápoles, Elpiniki Papageorgiou, Rafael Bello, and K. Vanhoof, "Learning and convergence of fuzzy cognitive maps used in pattern recognition," *Neural Processing Letters,* vol. 45, no. 2, pp. 431-444, 2017.

[26] Gonzalo Nápoles, Maikel Leon Espinosa, Isel Grau, Koen Vanhoof, and R. Bello, *Fuzzy Cognitive Maps Based Models for Pattern Classification: Advances and Challenges*, p.^pp. 83-98, Soft Computing Based Optimization and Decision Models, 2018.

[27] J. E. Ricardo, A. J. Fernández, and M. Y. Vázquez, "Compensatory Fuzzy Logic with Single Valued Neutrosophic Numbers in the Analysis of University Strategic Management," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 18, no. 4, 2022.

[28] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[29] O. M. Cornelio, I. S. Ching, Y. Chen, and J. G. González, "MODELO PARA LA TOMA DE DECISIONES SOBRE ACCESO CONTROL A PRÁCTICAS DE LABORATORIO A DISTANCIA BASADO EN MAPAS COGNITIVOS DIFUNOS," *Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, 2024.

[30] M. Y. L. Vasquez, G. S. D. Veloz, S. H. Saleh, A. M. A. Roman, and R. M. A. Flores, "A model for a cardiac disease diagnosis based on computing with word and competitive fuzzy cognitive maps," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil,* vol. 19, no. 1, 2018.

[31] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[32] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[33] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[34] Author ed.^eds., "Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications," *Secaucus, NJ, USA*: Springer Verlag, 2010, p.^pp. Pages.

[35] R. Martínez Martín, "Violencia, prostitución, trata y tráfico de migrantes. Un asunto de iniquidad de género," *Revista Guillermo de Ockham,* vol. 20, no. 1, pp. 3-6, 2022.

[36] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[37] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[38] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[39] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[40] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[41] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[42] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 22, 2025. Aceptado: marzo 12, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método multicriterio neutrosófico para evaluar las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato

Neutrosophic multicriteria method to evaluate innovation strategies and productivity in CorpoAmbato's enterprises

Myrian Paulina Barreno Sánchez[1], Paulina Elizabeth Salas Medina[2], Jenny Yolanda Barreno Sánchez[3], and María José Barreno Sánchez[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.myriambs36@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.paulinasalas@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. jennybarrenos@hotmail.com
[4] Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Ecuador. mj.barreno@uta.edu.ec

Resumen. Este artículo aborda la capacidad de las empresas emprendedoras asociadas a CorpoAmbato, las cuales se dedican al emprendimiento y desarrollo productivo, y que requieren gestión e innovación para destacar en un mercado competitivo. En este contexto, se plantea el objetivo de desarrollar un Método multicriterio neutrosófico para evaluar las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato, con el fin de determinar la influencia de las estrategias en la mejora de su competitividad y sostenibilidad a largo plazo. A pesar de desempeñar un papel crucial en el crecimiento económico, muchas empresas enfrentan dificultades para incorporar prácticas innovadoras, lo que limita su capacidad de adaptación y competitividad. El desconocimiento en la gestión de la innovación, sumado a la falta de cohesión en las organizaciones familiares, obstaculiza el logro de metas de crecimiento sostenibles. Los resultados revelan la necesidad de implementar mejores estrategias y orientaciones para la gestión, innovación y desarrollo productivo, además de la generación de ingresos y empleo. Por tanto, es imperativo que estas empresas desarrollen un plan estratégico que separe lo sentimental de lo profesional, asegurando un crecimiento empresarial adecuado que beneficie tanto a la institución como a los emprendedores y que trascienda a las generaciones futuras.

Palabras Claves: método multicriterio neutrosófico, gestión, innovación, emprendimiento, desarrollo productivo.

Abstract. This article addresses the capacity of entrepreneurial firms associated with CorpoAmbato, which are dedicated to entrepreneurship and productive development, and which require management and innovation to stand out in a competitive market. In this context, the objective is to develop a neutrosophic multicriteria method to evaluate innovation strategies and productivity in CorpoAmbato ventures, in order to determine the influence of these strategies on improving their competitiveness and long-term sustainability. Despite playing a crucial role in economic growth, many firms face difficulties incorporating innovative practices, which limits their adaptability and competitiveness. The lack of knowledge in innovation management, coupled with a lack of cohesion in family organizations, hinders the achievement of sustainable growth goals. The results reveal the need to implement better strategies and guidelines for management, innovation, and productive development, in addition to generating income and employment. Therefore, it is imperative that these companies develop a strategic plan that separates the emotional from the professional, ensuring adequate business growth that benefits both the institution and the entrepreneurs and transcends future generations.

Keywords: neutrosophic multicriteria method, management, innovation, entrepreneurship, productive development

1 Introducción

En Ecuador, las empresas familiares representan un pilar fundamental en la estructura económica del país, constituyendo aproximadamente el 90.5% de todas las organizaciones [1]. De esta cifra, el 65.9% corresponde a

grandes empresas, mientras que una notable porción, el 88%, incluye medianas y el 90% son pequeñas y micro-empresas (MIPyMES). Esta diversidad en el tamaño de las empresas destaca la variedad de actores que coexisten en el mercado ecuatoriano y su capacidad para influir en la economía nacional. La importancia de estas empresas se refleja en su significativa contribución al Producto Interno Bruto (PIB), representando cerca del 51%. A través de sectores cruciales como el comercio, la construcción, el transporte y los servicios, estas organizaciones generan empleo para aproximadamente 1.6 millones de personas [2], subrayando así su papel en el desarrollo económico del país.

A pesar de su relevancia, la investigación de [3] evidencia que solo un 2% de estas empresas cuenta con un plan de innovación y sucesión, lo que plantea una preocupación acerca de su sostenibilidad a largo plazo. La mayoría de las empresas son dirigidas por la generación fundadora, y existe una transición complicada hacia las siguientes generaciones, lo que resalta la necesidad de una planificación anticipada y adecuada para garantizar la continuidad del negocio.

La distribución regional de estas empresas también presenta patrones interesantes, donde la región insular encabeza con un 95.8% y la Costa con un 90.9%, mientras que la Sierra y el Oriente muestran porcentajes menores. Este análisis regional, indicado por [4-29-30], pone de manifiesto la concentración de empresas en ciertas áreas, afectando las dinámicas de gestión e innovación.

En la mayoría de los casos, las microempresas predominan, representando un 89.1%. Este predominio puede generar estructuras más cerradas y dinámicas, limitando la participación de nuevos individuos en roles gerenciales y administrativos, lo que a su vez puede frenar el desarrollo de estrategias de innovación efectivas. Según la investigación de [5], la crisis generacional emerge como uno de los principales desafíos en la gestión de estas empresas.

La transición de la gestión hacia la próxima generación presenta una serie de dificultades que pueden obstaculizar el potencial innovador de las empresas. Los autores enfatizan la importancia de preparar a la generación sucesora en aspectos como el liderazgo, el conocimiento del negocio y un perfil profesional vital para la administración efectiva de la empresa [6].

Pese a su capacidad para contribuir al crecimiento y la generación de empleo, la falta de sostenibilidad resulta preocupante. Muchos emprendimientos enfrentan la dura realidad de que pocos logran sobrevivir en un contexto económico cada vez más competitivo. Esto resalta la urgencia de desarrollar la gestión de la innovación mediante planes estratégicos que separen las emociones de la profesionalidad y que se adapten a las exigencias del mercado.

En la ciudad de Ambato, la Feria de Emprendimiento, también conocida como Feria de Emprendedores o Feria de Negocios CorpoAmbato, ocupa una amplia superficie de 42,000 metros cuadrados, distribuidos en tres secciones: 674 puestos de artesanías (de 2x2 metros), 100 puestos de comida (de 3x3 metros) y 1,040 puestos sin carpas ni divisiones. Sin embargo, a pesar de la gran variedad de oportunidades que ofrece, la falta de prácticas innovadoras se presenta como un desafío significativo que limita la capacidad de adaptación al cambio del mercado y la competencia efectiva. Este problema es especialmente evidente en CorpoAmbato, que respalda el emprendimiento en el cantón Ambato, pero que aún no logra alcanzar sus metas de crecimiento ni integrar adecuadamente las prácticas innovadoras necesarias para mejorar su competitividad. Las empresas que operan bajo la égida de CorpoAmbato se encuentran particularmente limitadas en su capacidad para incorporar prácticas innovadoras. Esta falta de innovación restringe su competitividad y adaptación a los cambios del mercado [7-31]. En este sentido, se hace evidente la necesidad de adquirir conocimientos en la gestión de la innovación para alcanzar las metas de crecimiento propuestas.

La comprensión de la relación entre todos estos factores es esencial para garantizar la permanencia y visión del negocio. La falta de planificación estratégica puede limitar el compromiso familiar, hacer escasos los acuerdos y dificultar la definición de técnicas que impulsen el crecimiento económico, todo lo cual es crucial para la preservación de la posición en el mercado [8]. Así, se plantea la intención de establecer objetivos que giren en torno a una atención efectiva al cliente y una gestión adecuada del talento humano, promoviendo un crecimiento anual competitivo, a pesar de los conflictos inherentes que pueden surgir en cualquier sistema familiar [9-32].

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un Método multicriterio neutrosófico para evaluar las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato.

2 Materiales y métodos

La sección presenta la estructura del funcionamiento del método multicriterio neutrosófico para evaluar las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato. El funcionamiento está guiado por un flujo de trabajo de tres etapas [10, 11]. El método basa su funcionamiento a partir un entorno neutrosófico para modelar la incertidumbre. Se sustenta sobre un esquema de análisis de decisión lingüística que puede abordar criterios de diferente naturaleza y proporcionar resultados lingüísticos en un entorno neutrosófico [12]. La figura 1 muestra las etapas fundamentales del método propuesto.

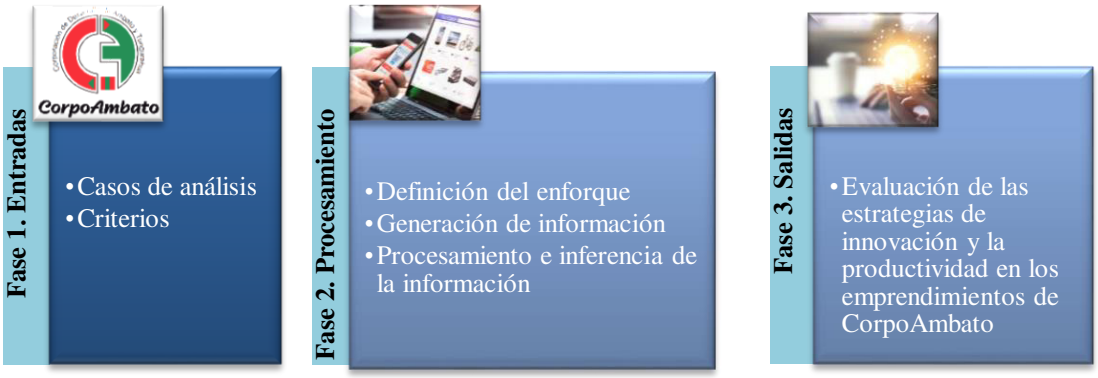


Figura 1: Método multicriterio neutrosófico para evaluar las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de Corpo-Ambato.

El método está diseñado para apoyar la toma de decisiones sobre las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato. La etapa de procesamiento consta de las siguientes actividades: (1) definición del enfoque; (2) generación de información; y (3) procesamiento e inferencia. A continuación se describen las actividades de la etapa de procesamiento:

1. Definición del enfoque

En esta actividad, el marco de evaluación se define para corregir la estructura sobre la toma de decisiones y para determinar apoyar la toma de decisiones sobre las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato. El marco se modela a partir de los siguientes elementos:

- Sea $E = \{e_1, , e_n\}, (n > 2)$ un conjunto de expertos.
- Sea $TI = \{ti_1, , ti_m\}, (m > 2)$ un conjunto de casos de análisis.
- Sea $C = \{c_1, , c_k\}, (k > 2)$ un conjunto de criterios que caracterizan las estrategias actuales de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato

Se utiliza un marco de información heterogéneo [13-15]. Para cada experto se puede usar un dominio diferente numérico o lingüístico para evaluar cada criterio, atendiendo a su naturaleza en un entorno [16, 17]. A partir de la modelación de los elementos que definen el enfoque se realiza la generación de las informaciones.

2. Generación de información

Mediante la definición del marco de trabajo se obtiene el conocimiento del conjunto de expertos [18]. Por cada experto se suministra sus preferencias mediante el uso de vectores de utilidad. El vector de utilidad se expresa mediante la ecuación 1:

$$P_j^i = \left\{p_{j1_1}^i, , p_{jh}^i\right\} \quad (1)$$

Donde:

P_j^i representa la preferencia otorgada al criterio c_k sobre los casos de análisis r_j expresado por el experto e_i .

En la actividad se obtiene toda la información necesaria para el procesamiento de la inferencia, a partir del conjunto de datos obtenidos mediante la consulta a los expertos, se realiza el procesamiento y la inferencia de las informaciones en función de obtener las recomendaciones sobre las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato.

3 Procesamiento e inferencia

La actividad de procesamiento e inferencia es la encargada de, a partir del marco de trabajo establecido con el conjunto de datos obtenidos, realizar la evaluación lingüística colectiva que sea interpretable para la toma de decisiones sobre las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato. Con este objetivo, la información es unificada y agregada [19, 20]. A partir del procesamiento, se realiza un proceso de ordenamiento de alternativas que son priorizados para tratar con información heterogénea y dar resultados lingüísticos.

A 2TLNNS se define como [21]:

A partir de $S = \{s_0, , s_g\}$ que representa una 2TLSs con cardinalidad impar t + 1.

Se define para $(S_t, a), (S_i, b), (S_f, c) \in L$ y a,b,c ∈ [0, t], donde $(S_t, a), (S_i, b), (S_f, c) \in L$ expresan independientemente del grado de verdad, grado de indeterminación y el grado de falsedad por 2TLSs.

Por lo tanto: 2TLNNSs se define:

$$l_j = \{(S_t, a\,), (S_i, b\,), (S_f, c\,)\} \tag{2}$$

Donde:

$$0 \le \Delta^{-1}(St_j, a\,) \le t, 0 \le \Delta^{-1}(Si_j, b\,) \le t, 0 \le \Delta^{-1}(Sf_j, c\,) \le t$$

$$0 \le \Delta^{-1}(St_j, a\,) + \ 0 \le \Delta^{-1}(Si_j, b\,) + 0 \le \Delta^{-1}(Sf_j, c\,) \le 3t$$

Mediante la función de puntuación y precisión se clasifica 2TLNN [22].

Sea

$l_1 = \{(St_1, a\,), (Si_1, b\,), (Sf_1, c\,)\}$ a

2TLNN en L la función de puntuación y precisión en l_1 se define como:

$$S(l1) = \Delta\left\{\frac{2t + \Delta^{-1}(St_1, a\,) - \Delta^{-1}(Si_1, a\,) - \Delta^{-1}(Sf_1, a\,)}{3}\right\}, \Delta^{-1}\big(s(l_1)\big) \in [0, t] \tag{3}$$

$$H(l1) = \Delta\left\{\frac{t + \Delta^{-1}(St_1, a\,) - \Delta^{-1}(Sf_1, a\,)}{2}\right\}, \Delta^{-1}\big(h(l_1)\big) \in [0, t] \tag{4}$$

La información se unifica en un dominio lingüístico específico (S_T). La información numérica se transforma al dominio lingüístico (S_T) siguiendo estos pasos:

a) Seleccionar un dominio lingüístico específico, denominado conjunto de términos lingüísticos básicos (S_T) .

b) Transformación de valores numéricos en [0, 1] al $F(S_T)$.

c) Transformación de conjuntos difusos S_T sobre el en 2-tupla lingüística.

La agregación permite la unificación de las informaciones para lo cual se desarrolla mediante dos pasos con el objetivo de calcular una evaluación global de los casos de análisis [17, 23]. El operador de agregación unifica las diferentes ponderaciones expresadas por cada experto [18, 24] teniendo en cuenta su conocimiento y su importancia en el proceso para apoyar la toma de decisiones sobre las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato.

El paso final en el proceso de priorización es establecer una clasificación entre los casos de análisis, esta clasificación permite priorizar los casos analizados con más valor. El caso de análisis más significativo es aquel que tiene la evaluación colectiva máxima $Max\,\{(r_l, a_j), = 1,2,,n\}$. Los requisitos se priorizan según este valor en orden decreciente.

4 Implementación del método para evaluar las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato

La presente sección, describe el funcionamiento del método multicriterio neutrosófico para evaluar las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato. Se realizó un estudio de caso aplicado a 6 puestos de artesanías (Ps_n). El objetivo consistió en evaluar las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato, y apoyar con los resultados, la toma de decisiones en materia de desarrollo e innovación. El ejemplo ilustra la aplicabilidad del método.

Desarrollo de la actividad 1: Marco de evaluación

Para el presente estudio de caso, se identificó un marco de trabajo compuesto por: $E = \{e_1, \dots, e_3\}$, que representan los 3 expertos que intervinieron en el proceso.

- Experto 1: Especialista en administración de empresas con un doctorado en innovación y emprendimiento. Tiene más de 15 años de experiencia en el asesoramiento a startups y PYMES en Ecuador. Su enfoque se centra en estrategias de gestión y asesoría para el crecimiento sostenible de negocios emergentes. Ha trabajado directamente con iniciativas de CorpoAmbato, lo que le otorga un profundo conocimiento del contexto local y de los desafíos que enfrentan los emprendedores en la región.
- Experto 2: Ingeniera en tecnologías de la información con un máster en gestión de la innovación. Posee un amplio conocimiento en la implementación de tecnologías disruptivas en el ámbito empresarial. Ha participado en la creación de programas de innovación tecnológica que han sido implementados en diversas empresas del sector servicios y manufactura en Ambato. Su experiencia en la adaptación de tecnologías emergentes la convierte en una voz clave para evaluar las estrategias de innovación en los emprendimientos de CorpoAmbato.
- Experto 3: Experto en economía y desarrollo local con una maestría en políticas públicas. Ha trabajado con diversas organizaciones no gubernamentales y ha sido consultor en proyectos de desarrollo económico en la región. Aporta su experiencia en la evaluación de políticas de innovación y su impacto en la productivi-

dad empresarial. Su conocimiento sobre las dinámicas económicas y el impacto de las estrategias de innovación en el desarrollo regional lo convierte en un referente para identificar oportunidades de mejora en los emprendimientos de CorpoAmbato.

El panel de expertos realizó la evaluación $\mathrm{Ps} = \{\mathrm{Ps}_1, .., \mathrm{Ps}_7\}$, de 6 Casos de análisis, a partir de la valoración de los $\mathrm{C} = \{\mathrm{c}_1, \dots, \mathrm{c}_7\}$ los cuales conforman los 7 criterios valorativos. La tabla 1 muestra los criterios utilizados.

Tabla 1: Criterios utilizados para evaluar las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato.

No	Criterio	Descripción
1	Capacidad de innovación	Evalúa la habilidad de las empresas para introducir nuevos productos, servicios o procesos. Incluye la creación y adopción de ideas innovadoras que puedan mejorar la competitividad y la respuesta al mercado.
2	Satisfacción del cliente	Mide la percepción de los clientes sobre la calidad de los productos o servicios ofrecidos. Una alta satisfacción del cliente es indicativa de la efectividad de las estrategias implementadas y puede reflejar el impacto positivo de la innovación.
3	Eficiencia operativa	Determina la capacidad de las empresas para utilizar sus recursos de manera óptima. Una alta eficiencia operativa indica que las empresas están gestionando adecuadamente sus procesos, lo que puede contribuir a la productividad general.
4	Adaptabilidad al cambio	Evalúa la rapidez y efectividad con la que las empresas pueden responder a cambios en el mercado, como nuevas tendencias de consumo o alteraciones en la demanda. Esta habilidad es crucial para seguir siendo competitivos en un entorno dinámico.
5	Colaboración y redes de apoyo	Mide el grado de colaboración entre empresas y la creación de redes de apoyo entre emprendedores, proveedores y clientes. La colaboración puede facilitar el intercambio de conocimientos y recursos, impulsando la innovación.
6	Desempeño financiero	Analiza los resultados financieros de las empresas, incluyendo ventas, rentabilidad y crecimiento. Un buen desempeño financiero es fundamental para la sostenibilidad a largo plazo de los emprendimientos y para permitir nuevas inversiones en innovación.
7	Capacitación y desarrollo del talento humano	Evalúa las inversiones realizadas en la formación y capacitación del personal. La formación continua es esencial para mejorar tanto la innovación como la productividad, ya que un talento bien capacitado es capaz de implementar y mantener estrategias efectivas.

Cada experto puede emitir la información de forma numérica o lingüística atendiendo a la naturaleza de los criterios. Se elige un dominio lingüístico común para verbalizar los resultados que se expresan en la Figura 2.

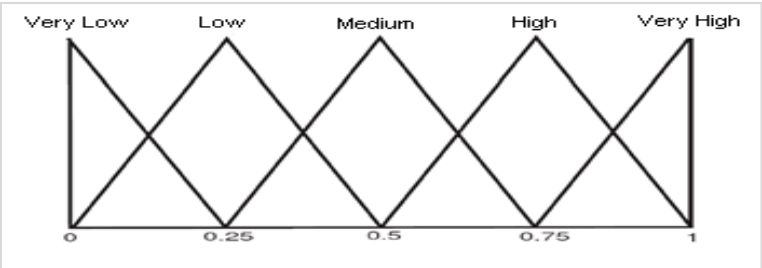


Figura 2. Dominio de Selección S_T.

Para los valores numéricos, se utilizó la escala lingüística siguiente con Números Neutrosóficos de Valor Único propuestas en la Tabla 2 [20].

Tabla 2: Términos lingüísticos empleados.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)

Término lingüístico	Números SVN
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

Desarrollo de la actividad 2: Generación de información

A partir de la información obtenida sobre los casos de análisis, son almacenadas para su posterior procesamiento. El marco de evaluación es presentado en la Tabla 3. Los criterios de evaluación se realizan en la escala S_T.

Tabla 3: Presentación de los resultados.

	e_1			e_2			e_3		
c_1	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.5, 0.1, 0.4]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.5, 0.4, 0.1]
c_2	[0.5, 0.2, 0.4]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.3]
c_3	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_4	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.3]
c_5	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.7, 0.3, 0.1]
c_6	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.2]
c_7	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.5, 0.1, 0.4]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]

La información se transforma para unificar la información heterogénea. Los juegos difusos posteriores sobre S_T se transforman en 2-tuplas lingüísticas. A partir del proceso de agregación se calculó una evaluación de los casos de análisis. Para el proceso de agregación se utilizó el promedio de ponderación de los números neutrosóficos lingüísticos de 2 tuplas. 2-TLNNWA a partir de los datos referidos por para cada experto [19-32]. En este caso los vectores de ponderación W=(0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.9, 0.7).

Tabla 4: Procesamiento del resultado de los datos.

Casos de análisis	Preferencias
Ps_1	[0.9, 0.8, 0.8, 0.8, 0.8, 0.7, 0.9]
Ps_2	[0.8, 0.7, 0.9, 0.9, 0.8, 0.7, 0.9]
Ps_3	[0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.9, 0.7]
Ps_4	[0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.9, 0.9]
Ps_5	[0.9, 0.8, 0.8, 0.9, 0.8, 0.7, 0.9]
Ps_6	[0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.7, 0.9]

Para calcular la evaluación colectiva, el operador 2-TLNNWA se utiliza el vector de ponderación V= [0.8, 0.6, 0.8, 0.9, 0.9, 0.9, 0.8] de la tabla 5.

Tabla 5: Evaluación colectiva para los principales casos de análisis.

[0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.9, 0.7]	Ps_3
[0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.9, 0.9]	Ps_4
[0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.7, 0.9]	Ps_6
[0.9, 0.8, 0.8, 0.8, 0.8, 0.7, 0.9]	Ps_1
[0.8, 0.7, 0.9, 0.9, 0.8, 0.7, 0.9]	Ps_2
[0.9, 0.8, 0.8, 0.9, 0.8, 0.7, 0.9]	Ps_5

Finalmente, se ordenan todas las evaluaciones colectivas y se establece una clasificación entre los casos de análisis con el propósito de identificar las mejores alternativas de puntuación calculadas.

Tabla 6: Resultados de la función de puntuación de los principales casos de análisis.

[0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.9, 0.7]	Ps_3
[0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.9, 0.9]	Ps_4
[0.8, 0.8, 0.9, 0.7, 0.9, 0.7, 0.9]	Ps_6

En el estudio de caso, la clasificación de los casos de análisis quedó recomendada como sigue: $Ps_3 < Ps_4 < Ps_6$, siendo este el orden de prioridad atendiendo a la evaluación de las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato.

La implementación del Método multicriterio neutrosófico para evaluar las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato ha permitido un análisis detallado de seis casos específicos, correspondientes a puestos de artesanías. Esta evaluación ha proporcionado información valiosa sobre el nivel de cumplimiento de los criterios establecidos, orientando a los emprendedores hacia prácticas más efectivas en su gestión.

Los resultados obtenidos permitieron clasificar los casos analizados según su grado de adecuación a las estrategias de innovación y la productividad. Esta clasificación, que considera el orden $Ps_3 < Ps_4 < Ps_6$, sugiere que, aunque existen variaciones en el cumplimiento de los indicadores, el rendimiento general es insatisfactorio. Es relevante destacar que, si bien algunos emprendimientos cumplen parcialmente con los criterios, ninguno alcanza estándares altos de eficacia en la implementación de estrategias de innovación, lo que implica que aún hay un amplio margen de mejora.

La falta de altos niveles de cumplimiento indica que las empresas aún no han integrado de forma coherente y efectiva las prácticas de innovación necesarias para mejorar su productividad. Esta situación resalta la importancia de desarrollar un enfoque más intensivo en la capacitación y la gestión del cambio organizacional, orientado a fomentar una cultura innovadora que permita a los emprendedores adaptarse mejor a las exigencias del mercado.

Además, el hecho de que ninguna de las unidades analizadas haya logrado superar los umbrales establecidos para un rendimiento óptimo sugiere que el entorno de los emprendimientos en CorpoAmbato enfrenta desafíos significativos, como la escasa disponibilidad de recursos para la innovación y la falta de acceso a información relevante sobre tendencias de mercado y mejores prácticas. Por tanto, se hace necesario implementar estrategias de apoyo que faciliten la colaboración entre emprendedores y la creación de redes que favorezcan el intercambio de conocimientos y experiencias.

Otro aspecto a considerar es que la implementación del método ha creado un marco de referencia que permite a los emprendedores identificar sus debilidades y fortalezas. Esto puede ser un primer paso hacia la formulación de planes de acción más concretos y personalizados, orientados a mejorar sus procesos y resultados. En este sentido, es vital que exista un compromiso colectivo para llevar a cabo las transformaciones necesarias que impulsen la competitividad y sostenibilidad de los emprendimientos.

Por último, se sugiere que las futuras iniciativas de evaluación incluyan no solo el seguimiento del cumplimiento de los criterios, sino también el impacto de las estrategias implementadas en el largo plazo. Esto permitirá no solo establecer un diagnóstico puntual, sino también un proceso de mejora continua que ayude a los emprendedores a adaptarse y prosperar en un entorno de mercado complejo y cambiante. La implementación del Método multicriterio neutrosófico ha sido un paso positivo, pero el verdadero desafío radica en la acción concertada para materializar los resultados en innovaciones efectivas que fortalezcan la productividad de los emprendimientos en CorpoAmbato.

5 Discusión

El análisis de la situación actual de los emprendedores en el cantón Ambato revela una percepción generalizada sobre la falta de oportunidades de desarrollo productivo ofrecidas por CorpoAmbato. Aproximadamente el 52% de los emprendedores manifiestan que la organización no logra proporcionar el apoyo necesario a todos los que lo requieren. Esta percepción destaca una laguna crítica en la capacidad de CorpoAmbato para implementar estrategias efectivas que promuevan la gestión e innovación entre sus asociados, lo cual es vital para su evolución en un mercado competitivo.

La ausencia de estrategias de gestión bien definidas se traduce en una orientación y apoyo inadecuados para las empresas en esta región. Esto es coherente con las conclusiones de [25], quienes enfatizan que la interconexión y la colaboración entre emprendedores son fundamentales para el desarrollo de un mercado productivo, que depende de la transición de una filosofía individual hacia un enfoque colectivo. En este sentido, es imperativo que CorpoAmbato aborde esta carencia a través de la implementación de políticas que fomenten una mayor colaboración y un espíritu comunitario entre los emprendedores.

Por otro lado, se ha identificado que el 38% de los emprendedores asocia la falta de apoyo a un desconocimiento general y a la insuficiente capacitación proporcionada por CorpoAmbato. Esta situación resalta la importancia de ofrecer una formación más robusta y específica que permita a los emprendedores adquirir las habilidades y conocimientos necesarios para gestionar sus negocios de manera efectiva. Al hacerlo, se podría contribuir de manera significativa al desarrollo de una comunidad emprendedora más sólida y resiliente.

Mejorar la orientación y el apoyo destinados a cada emprendedor es crucial para potenciar su gestión y desarrollo productivo. En un contexto donde la globalización económica crea nuevas oportunidades de empleo y fomenta el emprendimiento, las organizaciones locales deben desempeñar un papel activo en capacitar a sus asociados. En [26] los autores subrayan esta realidad, sugiriendo que, para sobrevivir y adaptarse, las empresas deben estar mejor equipadas para enfrentar los desafíos del mercado global.

Los emprendimientos desempeñan un papel esencial en las estrategias de desarrollo productivo, actuando como motores de innovación y competitividad. A través de la introducción de nuevas ideas, productos y servicios, los emprendedores tienen la capacidad de transformar sectores productivos, diversificando así la oferta del mercado. Sin embargo, esta capacidad innovadora se ve amenazada cuando los emprendedores carecen de acceso a los recursos necesarios y a las herramientas del conocimiento que favorecen el aprendizaje y la experimentación.

El impacto de la falta de preparación y conocimientos se hace evidente en las pequeñas y medianas empresas, que a menudo se enfrentan a una mayor vulnerabilidad en contextos de crisis. En [27-33-34] argumentan que la creación intuitiva de negocios, sin una adecuada base técnica, contribuye a que estos emprendimientos sean menos resistentes a situaciones adversas. Esto se convierte en un desafío importante para el desarrollo local, que necesita ser abordado con urgencia y eficacia.

Las debilidades en el financiamiento, la capacitación y la asistencia técnica son factores que agravan la situación de los emprendedores en CorpoAmbato. Los autores [28-34] destacan que la combinación de estos elementos puede limitar severamente el potencial de crecimiento y sostenibilidad de las micropymes. Para abordar esta problemática, es fundamental plantear estrategias integrales que no solo fortalezcan la infraestructura de apoyo a los emprendedores, sino que también fomenten un entorno favorable para la innovación y el crecimiento económico sostenible en la región.

Dado que CorpoAmbato se dedica al emprendimiento y desarrollo productivo, es necesario implementar medidas específicas para fomentar el emprendimiento, tales como programas de incubación y aceleración de empresas, financiamiento para emprendedores, capacitación y asesoramiento técnico. Además, es crucial establecer políticas que mejoren el entorno para los emprendimientos, simplificando trámites y reduciendo barreras regulatorias. Se proponen las siguientes estrategias que CorpoAmbato debería manejar para reducir los riesgos empresariales, aplicables a todos los sectores productivos, tal como muestra la figura 3:

Figura 3. Estrategias de innovación y productividad recomendadas en los emprendimientos de CorpoAmbato.

- Promoción de la inversión: Fomentar la inversión es esencial para el desarrollo de nuevos negocios y la expansión de los existentes. Esto implica crear un entorno que incentive tanto a los inversionistas locales como a los extranjeros a contribuir con capital. Las estrategias pueden incluir la organización de eventos para conectar emprendedores con potenciales inversores, así como la promoción de beneficios fiscales o subvenciones que hagan más atractiva la inversión en el sector productivo.
- Innovar: La innovación es una estrategia clave para la competitividad, ya que permite a las empresas diferenciarse en el mercado y ofrecer productos o servicios que satisfagan de manera más efectiva las necesidades de los consumidores. CorpoAmbato debería fomentar una cultura de innovación a través de progra-

mas que incentiven la investigación, el desarrollo y la implementación de nuevas ideas, tecnologías y procesos que mejoren la eficiencia operativa.

- Fortalecimiento del Capital Humano: El desarrollo del talento humano es fundamental para el crecimiento sostenible de los emprendimientos. Esto implica ofrecer capacitación continua y desarrollo profesional a los emprendedores y a sus equipos. Invertir en el capital humano no solo mejora las capacidades técnicas, sino que también fomenta un entorno de trabajo motivador y dinámico, impulsando la productividad y la innovación.
- Aplicar una administración por procesos: Implementar una administración por procesos permite a las empresas optimizar sus operaciones a partir de la identificación y gestión de sus procesos clave. Esta estrategia facilita la mejora continua y la eficiencia operativa, al asegurar que todos los recursos se alineen con los objetivos de negocio. Además, proporciona claridad en la asignación de responsabilidades y en el seguimiento del desempeño organizacional.
- Crear vínculo de comunicación: Establecer una comunicación efectiva es esencial para el éxito de cualquier emprendimiento. Esto implica crear canales de comunicación claros y accesibles tanto internos, entre los miembros del equipo, como externos, con proveedores y clientes. Un buen flujo de información promueve la colaboración, la resolución de problemas y la rápida adaptación a cambios en el entorno de negocio.
- Administrar el tiempo: La gestión eficiente del tiempo es crucial para maximizar la productividad. Esto implica no solo la priorización adecuada de tareas y actividades, sino también el establecimiento de plazos realistas que permitan a los emprendedores cumplir sus objetivos sin sacrificar la calidad de los productos o servicios. Herramientas de planificación y seguimiento pueden ser clave en esta estrategia.
- Planear Estrategias, Objetivos y Metas: El establecimiento de estrategias claras, así como la definición de objetivos y metas específicos, es fundamental para orientar el desarrollo empresarial. Una planificación adecuada proporciona un marco para alinear los esfuerzos de los emprendedores con su visión y misión, lo que facilita la medición del progreso y el ajuste de las estrategias cuando sea necesario.
- Motivar de manera efectiva: La motivación es un factor crítico en el desempeño empresarial. Establecer incentivos adecuados y sistemas de reconocimiento contribuye a crear un ambiente laboral positivo, donde los emprendedores y sus equipos se sientan valorados y comprometidos con el éxito de la empresa. La motivación efectiva es clave para fomentar la creatividad y la iniciativa.
- Establecer alianzas estratégicas con el estado: Las alianzas estratégicas con el gobierno y entidades públicas pueden facilitar el acceso a recursos, financiamiento y programas de apoyo que beneficien a los emprendedores. Estas colaboraciones pueden traducirse en políticas más favorables, así como en la creación de plataformas para el intercambio de ideas y mejores prácticas en el ámbito empresarial.
- Ingresar a nuevos mercados: La expansión hacia nuevos mercados es una estrategia que puede ofrecer oportunidades significativas de crecimiento. CorpoAmbato debería apoyar a los emprendedores en la identificación y penetración de mercados potenciales, proporcionando información sobre tendencias, normativas y demandas, así como facilitando el acceso a redes comerciales.
- Implementar los sistemas tecnológicos: La adopción de tecnologías modernas es esencial para mejorar la eficiencia y la competitividad. Implementar sistemas tecnológicos adecuados permite a las empresas optimizar sus operaciones, mejorar la atención al cliente y aumentar su capacidad de innovación. Desde plataformas de gestión hasta herramientas de marketing digital, la tecnología juega un papel vital en la transformación de los negocios.
- Modernizar: La modernización debe ser una constante en cualquier estrategia de desarrollo productivo. Esto implica no solo la actualización de maquinaria y procesos, sino también la adaptación a nuevas tendencias de mercado y el uso de prácticas sostenibles. La modernización permite que los emprendedores respondan mejor a las demandas cambiantes del mercado y se mantengan competitivos a largo plazo.

Estas estrategias, en conjunto, proporcionarán un marco sólido para que CorpoAmbato potencie el emprendimiento y desarrollo productivo en la región, reduciendo riesgos y promoviendo un entorno favorable que facilite el crecimiento y la sostenibilidad.

6 Conclusión

A partir del desarrollo de la investigación propuesta, se obtuvo un método multicriterio neutrosófico para evaluar las estrategias de innovación y la productividad en los emprendimientos de CorpoAmbato. La implementación del método propuesto, basó su funcionamiento en métodos neutrosóficos para modelar la incertidumbre.

El estudio destaca la importancia crítica de la gestión efectiva de la innovación por parte de CorpoAmbato para mejorar su competitividad y sostenibilidad a largo plazo. Se demuestra cómo la adopción de estrategias innovadoras permite a las empresas no solo diferenciarse en un mercado competitivo, sino también mejorar su eficiencia operativa y mantenerse relevantes en un entorno empresarial en constante evolución.

Además, el estudio subraya la necesidad de promover y gestionar el cambio de manera efectiva, respaldado

por los programas y recursos de CorpoAmbato diseñados específicamente para fortalecer las capacidades de innovación.

Referencias

[1] R. F. Quejada Pérez, and J. N. Ávila Gutiérrez, "Empresas familiares: Conceptos, teorías y estructuras," *Revista EAN*, no. 81, pp. 149-158, 2016.

[2] Y. Bustán, "Reconocen buenas prácticas de empresas familiares en Ecuador," *Revista Zona Libre*, 2023.

[3] C. Espinoza, A. Salinas, S. Camino-Mogro, and A. Portalanza, "Empresas familiares en Ecuador," *Policy Report. Universidad Espíritu Santo*, 2021.

[4] G. F. B. Ecuador, "El efecto de los valores," *Family Business Survey-Ecuador*, 2018.

[5] D. F. Muñoz Muñoz, S. M. Matabanchoy Tulcán, and N. T. Guevara Canchala, "Empresas familiares: definiciones, características y contribuciones," *Tendencias,* vol. 21, no. 1, pp. 197-220, 2020.

[6] R. García Aráoz, M. d. l. A. Lucero Bringas, and E. E. Ribbert, "La gestión del desempeño en la empresa familiar," *Ciencias administrativas*, no. 21, pp. 1-1, 2023.

[7] V. G. Aguilar, and A. Briozzo, "Empresas familiares: estructura de capital y riqueza socioemocional," *Investigación administrativa,* vol. 49, no. 125, 2020.

[8] M. O. Palafox Soto, S. Ochoa Jiménez, and C. A. J. Hernández, "Leadership in the succession process: The case of a family business from Mexico," 2019.

[9] P. E. Fernández-Bujarrabal Herrero, "Planes de sucesión y protocolos en empresas familiares," 2022.

[10] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[11] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[12] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[13] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[14] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[15] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[16] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[17] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[18] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.

[19] J. Ye, "Single-valued neutrosophic minimum spanning tree and its clustering method," *Journal of intelligent Systems,* vol. 23, no. 3, pp. 311-324, 2014.

[20] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[21] J. Wang, G. Wei, and Y. Wei, "Models for green supplier selection with some 2-tuple linguistic neutrosophic number Bonferroni mean operators," *Symmetry,* vol. 10, no. 5, pp. 131, 2018.

[22] F. Mata, "Modelos para sistemas de apoyo al consenso en problemas de toma de decisión en grupo definidos en contextos lingüisticos multigranulares," *Universidad de Jaén, Doctoral Thesis Jaén*, 2006.

[23] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[24] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[25] C. D. Z. Arauz, and H. V. Meléndez, "Gerencia del propósito estratégico. Una oportunidad de innovación en empresas familiares," *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional,* vol. 5, no. 7, pp. 751-771, 2020.

[26] C. A. C. Castro, and D. Z. Peralvo, "Empresas familiares, evolución o involución en mercados locales," *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional,* vol. 6, no. 3, pp. 1454-1474, 2021.

[27] H. A. T. Cárdenas, J. C. E. Álvarez, I. N. Zurita, and M. M. M. Romo, "Estrategias para fomentar el emprendimiento y desarrollo empresarial. Caso: Universidad Católica de Cuenca," *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía,* vol. 5, no. 10, pp. 833-861, 2020.

[28] J. C. E. Álvarez, and I. N. Zurita, "Medición y gestión del capital intelectual en la industria del cuero-calzado en Ecuador," *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía,* vol. 5, no. 9, pp. 437-467, 2020.

[29] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[30] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[31] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[32] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[33] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[34] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[35] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 22, 2025. Aceptado: marzo 12, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para la evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC

Neutrosophic method for the evaluation of the role of the popular and solidarity economy in local economic development, case of Cooperativa SAC

Diego Andrés Carrillo Rosero [1], Luis Geovanny Sarauz Huertas [2], and Paulina Elizabeth Salas Medina[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.diegocarrillo@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ni.luisgsh03@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.paulinasalas@uniandes.edu.ec

Resumen. La economía popular y solidaria se basa en principios de equidad e inclusión, lo que facilita la formalización de emprendedores que de otro modo estarían expuestos a altos riesgos de fracaso y a la influencia de economías informales e ilegales. A pesar de su relevancia, no se ha establecido claramente el impacto de los fondos financieros aportados por estas entidades en la economía local. El presente trabajo caracteriza el papel de la economía popular y solidaria en la economía local, a través del análisis del caso de la Cooperativa SAC en Antonio Ante durante el periodo 2020-2024. En este contexto, el objetivo principal de la investigación es desarrollar un método neutrosófico para la evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC. La población de estudio estuvo formada por los socios actuales de la Cooperativa SAC. Los resultados indican que las Cooperativas de Ahorro y Crédito tienen un impacto positivo en la economía local, especialmente en los sectores primario y secundario, al respaldar emprendimientos, principalmente dirigidos por mujeres y jóvenes. Esto se logra a través de microcréditos productivos de hasta 5,000 dólares, que han permitido estabilizar estos emprendimientos y, en algunos casos, generar y mantener nuevos empleos formales.

Palabras Claves: método neutrosófico, evaluación, economía popular solidaria, desarrollo económico local, Cooperativa SAC.

Abstract. The popular and solidarity economy is based on principles of equity and inclusion, which facilitates the formalization of entrepreneurs who would otherwise be exposed to high risks of failure and the influence of informal and illegal economies. Despite its relevance, the impact of the financial funds provided by these entities on the local economy has not been clearly established. With this in mind, this paper aims to characterize the role of the popular and solidarity economy in the local economy through an analysis of the SAC Cooperative in Antonio Ante during the 2020-2024 period. In this context, the main objective of the research is to develop a neutrosophic method for evaluating the role of the popular and solidarity economy in local economic development, in the case of the SAC Cooperative. The study population consisted of current members of the SAC Cooperative. The results indicate that Savings and Credit Cooperatives have a positive impact on the local economy, especially in the primary and secondary sectors, by supporting businesses, primarily run by women and young people. This is achieved through productive microcredits of up to $5,000, which have helped stabilize these businesses and, in some cases, generate and maintain new formal jobs.

Keywords: Neutrosophic method, evaluation, popular solidarity economy, local economic development, SAC Cooperative.

1 Introducción

La reciente pandemia ha tenido un profundo impacto en los negocios de los emprendedores locales, dificultando su supervivencia, ya que muchos perdieron sus empleos y, por necesidad, se vieron forzados a iniciar sus propios emprendimientos. Esta situación ha llevado a una creciente demanda de asistencia financiera para obtener capital y establecer nuevas fuentes de ingreso. Sin embargo, el efecto real de esta inyección de capital en la transformación económica y social de los emprendedores aún no se ha evaluado adecuadamente.

La economía popular y solidaria (EPS) se presenta como un enfoque que pretende la redistribución equitativa de los recursos y la integración de diversos segmentos de la población. Su enfoque social favorece el establecimiento de redes cooperativistas y sistemas de producción sustentables, creando un modelo económico que prioriza la solidaridad y la equidad. En este contexto, las cooperativas de ahorro y crédito desempeñan un papel crucial. Según [2], si estas cooperativas se centran únicamente en la economía y descuidan sus principios sociales, perderían su esencia cooperativa. Su modelo financiero busca abordar no solo la necesidad de servicios económicos, sino también integrar intereses sociales que fomenten un crecimiento económico justo, centrado en el empleo y la equidad [3].

No obstante, muchas instituciones financieras aún no han realizado un análisis adecuado para medir el impacto económico y social de los créditos otorgados a sus socios [4]. Esta falta de información limita su capacidad para optimizar sus líneas de crédito y gestionar los fondos de manera más eficiente [5].

Como cualquier entidad, las cooperativas buscan alcanzar objetivos económicos que son esenciales para su propia estabilidad y crecimiento. Sin embargo, al estar impulsadas por principios de equidad y solidaridad, facilitan el acceso al crédito y favorecen la formalización de sectores que de otro modo estarían excluidos del sistema financiero [6]. Por ello, las instituciones cooperativas ofrecen ventajas significativas respecto a las empresas financieras tradicionales, sustentadas en principios de respeto, amabilidad y empatía dentro de su estructura organizativa [7].

Desde los años 70, las dinámicas demográficas han mostrado un crecimiento en las zonas urbanas y en las clases medias, a la vez que una disminución en sectores tradicionales como la agricultura y la artesanía. Esta evolución ha generado un ecosistema productivo nuevo que hace que el acceso a créditos formales sea estratégico para emprendedores que buscan integrarse sosteniblemente en la economía formal a través de créditos productivos.

Por lo tanto, el sector de la economía popular y solidaria es esencial para el desarrollo socioeconómico del país. Ofrecer líneas de crédito adaptadas a sectores tradicionalmente desatendidos por la banca no solo fomenta la inclusión, sino que también impulsa la competitividad, la innovación y el desarrollo en general [8]. Además, la cooperación entre competidores puede favorecer la innovación, la competitividad, la productividad y la calidad en el mercado [9].

El cooperativismo destaca por promover condiciones equitativas, asegurando que todos los socios tengan acceso a los mismos beneficios. Sin embargo, [10] apuntan a la necesidad de un análisis financiero más robusto que respalde estos beneficios sociales. Por otro lado, [11] sugieren que una mayor participación democrática de los socios puede reducir la morosidad y mejorar la liquidez, aunque [5] advierten que la rentabilidad puede disminuir si los esfuerzos de autogestión generan altos costos operativos.

En Ecuador, las cooperativas están reguladas por el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES), bajo la supervisión de la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria, garantizando el cumplimiento de la Ley Orgánica y el Reglamento General de la EPS y del Sector Financiero Popular y Solidario (LOEPS) desde mayo de 2011. Según datos del MIES, existen 451 cooperativas de ahorro y crédito y mutualistas que benefician a 6,645,165 personas en el sector financiero popular y solidario, divididas en diversas categorías como ahorro y crédito, vivienda, servicio y consumo, producción y transporte [12-51].

En la actualidad, Ecuador cuenta con cerca de treinta y nueve cooperativas que participan en el sistema nacional de pagos. A lo largo del tiempo, el cooperativismo ha facilitado el acceso a capital para diversos sectores que lo requerían en el ámbito del ahorro y crédito. Sin duda, esta inyección de capital se ha convertido en una herramienta de innovación socioeconómica, ya que en 2019, este sector representó el 13% del Producto Interno Bruto (PIB) y generó el 64% del empleo nacional, dinamizando así la política económica y productiva del país [13].

2 Preliminares

Según la Superintendencia de Bancos (SBS, 2024), la Junta de Política y Regulación Monetaria y Financiera emitió la Resolución No. 521-2019-F, que introdujo reformas a la normativa para la segmentación de las entidades del Sector Financiero Popular y Solidario. En base a la información proporcionada por cada una de las entidades del sector, la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria ha actualizado la segmentación para el año 2023, clasificando las entidades en cinco segmentos según sus activos.

Tabla 1: Clasificación para la segmentación de las entidades del sector financiero popular y solidario.

Segmento	Activos
1	Mayor a 80'000.000,00
2	Mayor a 20'000.000,00 hasta 80'000.000,00
3	Mayor a 5'000.000,00 hasta 20'000.000,00
4	Mayor a 1'000.000,00 hasta 5'000.000,00
5	Hasta 1'000.000,00

En el ámbito específico de la Cooperativa SAC, no se sabe con precisión el impacto de los créditos otorgados en la economía del cantón. No se dispone de datos sobre cuántas nuevas empresas se han creado, cuántos empleos directos e indirectos se han generado a partir de los créditos otorgados por la cooperativa. Sin esta información, es difícil tomar decisiones informadas que promuevan un crecimiento estratégico de la institución.

Por todo lo anterior, el objetivo general de esta investigación es caracterizar el rol de la economía popular y solidaria en la economía local mediante el análisis del caso de la Cooperativa SAC en Antonio Ante durante el periodo 2020-2024, para establecer políticas adecuadas que potencien el destino de los créditos hacia líneas que fomenten la inversión y el crecimiento socioeconómico de los socios.

3. Diseño del método para la evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC

La lógica neutrosófica (NL) es un armazón general para unificación de muchas lógicas existentes [14]. Generaliza la lógica borrosa (especialmente la lógica intuicionista borrosa). La idea importante de NL es caracterizar cada declaración lógica en un espacio 3D neutrosófico, donde cada dimensión del espacio representa la verdad (T) respectivamente, la falsedad (F), y indeterminancia (I) de la declaración baja consideración, donde T, I, F son estandarte o no estandarte real subconjunto de [-0, 1+] [[15], [16-52-53].

La unidad de intervalo clásico [0,1] se puede usado. T,I,F son componentes independientes dejando espacio para información incompleta (cuando la suma superior <1); para consecuente e información contradictoria; (cuando el suma superior >1) o información completa (suma de componentes =1)[17].

Los conjuntos neutrosóficos son una generalización de conjunto borroso, espacialmente de conjunto intuicionístico borroso. Deja ser U, un universo de discurso, y M un conjunto incluido en U [18-20]. Un elemento x de U es notado en respeto del conjunto M como x(T, I, F) y pertenece a M en el modo siguiente: Es t% verdad en el conjunto, i% indeterminante (desconocido si sea) en el conjunto, y f% falso, donde t varia en T, i varia en I, f varia en F[21-24]

Estadísticamente T, I, F son subconjuntos, pero dinámicamente T, I, F son funciones u operaciones dependiente de muchos parámetros desconocidos o conocidos [17], [25-54].

Con el propósito de facilitar la aplicación práctica a un problema de toma de decisiones y de la ingeniería se realizó la propuesta los Conjuntos Neutrosóficos de Valor Único [26] (SVNS por sus siglas en inglés) los cuales permiten el empleo de variable lingüísticas [27], [28] lo que aumenta la interpretabilidad en los modelos de recomendación y el empleo de la indeterminación [29-31].

Sea X un universo de discurso.Un SVNSA sobre X es un objeto de la forma.

$$A = \{\langle x, u_A(x), r_A(x), v_A(x)\rangle : x \in X\}d \tag{1}$$

donde $u_A(x): X \rightarrow [0,1]$, $r_A(x), : X \rightarrow [0,1]$ y $v_A(x): X \rightarrow [0,1]$ con $0 \leq u_A(x) + r_A(x) + v_A(x) :\leq 3$ para todo $x \in X$. El intervalo $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$denotan las membrecías a verdadero, indeterminado y falso de x en A, respectivamente. Por cuestiones de conveniencia un número SVN será expresado como $A = (a, b, c)$, donde a, b, $c \in [0,1]$, y $+ b + c \leq 3$.

El método neutrosófico propuesto consta de tres procesos principales, selección de perfiles, evaluación de las alternativas y selección de la base de conocimiento del perfil de semejanza. La Figura 1 muestra un esquema con el funcionamiento general del método propuesto.

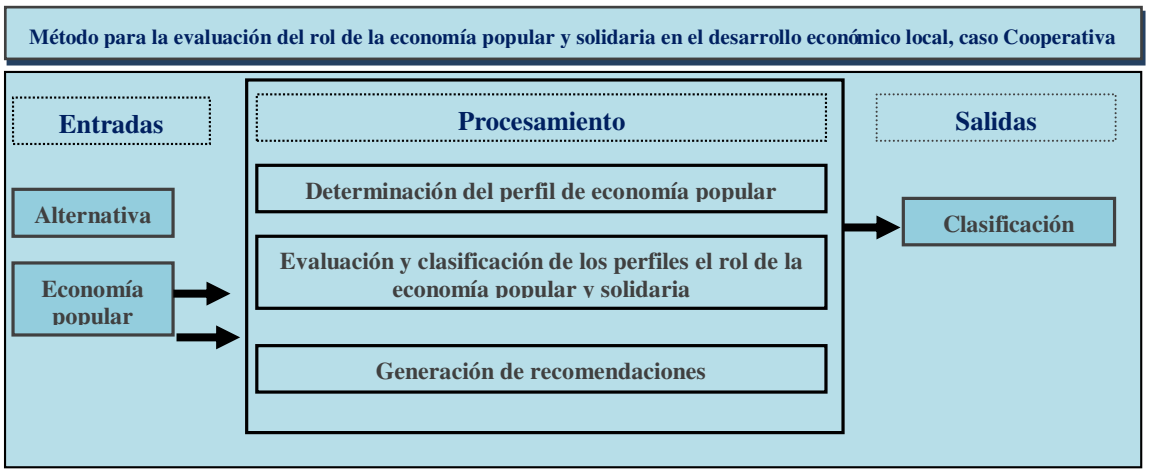


Figura 1: Esquema general del funcionamiento del método para la evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC.

A continuación, se presenta el flujo de trabajo. Está basado fundamentalmente en la propuesta de Cordón [32, 33], para sistemas de recomendación basados en conocimiento permitiendo representar términos lingüísticos y la indeterminación mediante números SVN [34-36]. La descripción detallada de cada una de sus actividades y del modelo matemático que soporta la propuesta es presentada a continuación.

3.1 Creación de la base de datos con los perfiles para la evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC

Cada uno de los casos a_i será descrito por un conjunto de características que conformarán el perfil del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC.

$$C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_l\} \tag{2}$$

Este perfil puede ser obtenido de forma directa a partir de los algoritmos computacionales utilizados para la captura de datos de los casos registrados de evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC [37, 38]:

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \tag{3}$$

Las valoraciones de las características de los casos, a_j, serán expresadas utilizando la escala lingüística S, $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de término lingüísticos definidos para evaluar la característica c_k utilizando los números SVN [39-42]. Para esto los términos lingüísticos a emplear son definidos [43, 44].
Una vez descritos el conjunto casos de evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC que representan las alternativas:

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \tag{4}$$

Los perfiles son guardados en una base de datos para su posterior recuperación.

3.2 Obtención del perfil de evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC

En esta actividad se determina la información de los perfiles de evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC sobre las preferencias de estos almacenándose en un perfil de modo que:

$$P_e = \{p_1^e, \dots, p_k^e, \dots, p_l^e\} \tag{5}$$

El perfil estará integrado por un conjunto de atributos que caracterizan a los casos:

$$C^e = \{c_1^e, \dots, c_k^e, \dots, c_l^e\} \tag{6}$$

Donde $c_k^e \in S$

Este puede ser obtenido mediante ejemplo o mediante el llamado enfoque conversacional y mediante ejemplos los cuales pueden ser adaptados [45].

3.3 Filtrado de los perfiles de evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC

En esta actividad se filtran los perfiles de evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC de acuerdo al perfil almacenado para encontrar cuáles son las más adecuadas según las características presentes. Con este propósito se calculada la similitud entre el perfil de los casos, P_e y cada perfil disponible $a_j$registrado en la base de datos [46-48]. Para el cálculo de la similitud total se emplea la siguiente expresión:

$$S_i = 1 - \left(\left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^{n} \left\{ \left(\left| a_{ij} - a_j^* \right| \right)^2 + \left(\left| b_{ij} - b_j^* \right| \right)^2 + \left(\left| c_{ij} - c_j^* \right| \right)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \tag{7}$$

La función S calcula la similitud entre los valores de los atributos del perfil de evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC y los almacenados, a_j[49].

3.4 Generación de recomendaciones

Una vez calculada la similitud entre el perfil de evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC y los almacenados en la base de datos, cada uno de los perfiles se ordenan de acuerdo a la similitud obtenida representados por el siguiente vector de similitud.

$$D = (d_1, \dots, d_n) \tag{8}$$

La mejor recomendación serán aquellas que mejor satisfagan las necesidades del perfil del caso, o sea, que presente mayor similitud.

4 Implementación del método propuesto

La presente sección describe la implementación del método propuesto para la evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC. La herramienta permite la obtención de datos confiables de especialistas multidisciplinarios con experiencia de más de 5 años en estos casos. A continuación se presenta un ejemplo demostrativo a partir del cual se parte de la base de datos que posee:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$$

Descrito por el conjunto de atributos

$$C = \{c_1, c_2, c_3, c_{4,}, c_5\}$$

Los atributos se valorarán en la siguiente escala lingüística (Tabla 2). Estas valoraciones serán almacenadas para nutrir la base de datos.

Tabla 2: Términos lingüísticos empleados [50].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena(B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media(M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

La Tabla 3 muestra una vista con los datos utilizado en este ejemplo.

Tabla 3: Base de datos de perfiles de evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC.

	c_1	c_2	c_3	c_4
a_1	B	B	B	B
a_2	B	M	M	B
a_3	M	MB	MB	B
a_4	MMB	M	B	B
a_5	M	MMB	B	B
a_6	MDB	M	MMB	M
a_7	MMB	M	B	B

Si un especialista del sistema de salud u_e, desea recibir las recomendaciones del sistema deberá proveer información al mismo expresando sus perfiles de evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC. En este caso:

$$P_e = \{\text{M}, \text{MMB}, \text{B}, \text{B}\}$$

El siguiente paso en el ejemplo es el cálculo de la similitud entre el perfil de evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC proporcionado como objeto de análisis y los perfiles almacenados en la base de datos.

Tabla 4: Similitud entre los perfiles almacenados y el perfil de evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC proporcionado por u_e.

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6		a_7
0.40	0.20	0.15	0.20	0.95	0.15		0.35

En la fase de recomendación se recomendará aquel perfil que más se acerquen al perfil de evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC proporcionado. Un ordenamiento de los perfiles basado en esta comparación sería el siguiente.

$$\{a_5, a_1, a_7, a_2, a_4, a_3, a_6\}$$

En caso de que el sistema recomendará los dos casos más cercanos, estas serían las recomendaciones:

$$a_5, a_1$$

La aplicación de las recomendaciones provee una vecindad lo más cercano al perfil comparativo para el ejemplo en cuestión la solución es:

$$a_5$$

La implementación de un sistema de recomendaciones basado en el método neutrosófico representa un avance considerable en la evaluación del rol de la economía popular y solidaria (EPS) en el desarrollo económico local, específicamente en el caso de la Cooperativa SAC. Este enfoque ofrece una herramienta innovadora para gestionar la incertidumbre y la imprecisión en la toma de decisiones, factores que a menudo afectan la efectividad de las evaluaciones convencionales. Al integrar diferentes perspectivas y opiniones de los actores involucrados, el método neutrosófico permite una comprensión más completa y matizada de las dinámicas que influyen en el desarrollo de la economía popular y solidaria.

Una de las principales ventajas del método neutrosófico es su capacidad para abordar y cuantificar la complejidad inherente a las decisiones económicas, permitiendo la inclusión de valoraciones subjetivas y objetivas. En el contexto de la Cooperativa SAC, esto significa que el sistema de recomendaciones no solo considera datos estadísticos o financieros, sino también experiencias y percepciones de los socios y beneficiarios. Este enfoque holístico ayuda a identificar áreas de mejora dentro de la cooperativa, promoviendo prácticas que se alineen con los principios de equidad y solidaridad, pilares fundamentales de la economía popular.

Además, al utilizar el método neutrosófico, se pueden diseñar recomendaciones específicas que responden a las necesidades reales de los emprendedores y de la comunidad local. Por ejemplo, la implementación de este sistema ha facilitado la formulación de estrategias adaptativas que permiten a la cooperativa ajustar su oferta de servicios financieros de acuerdo con las fluctuaciones del mercado y las condiciones socioeconómicas de los socios. Esto no solo optimiza la utilización de recursos, sino que también fomenta la resiliencia de la cooperativa frente a desafíos externos, asegurando un desarrollo sostenible a largo plazo.

Por último, el uso de un sistema de recomendaciones neutrosófico contribuye a crear un ciclo de retroalimentación constante dentro de la Cooperativa SAC. A medida que se implementan las recomendaciones y se evalúan sus resultados, se generan nuevos datos e información que pueden ser incorporados nuevamente al sistema. Esto promueve una cultura de mejora continua y adaptación, esencial para el crecimiento de la economía popular y solidaria, garantizando así que las soluciones adoptadas sean efectivas y relevantes para el desarrollo económico local. En definitiva, la aplicación de este enfoque metodológico no solo fortalece la cooperativa, sino que también

amplía su impacto positivo en la comunidad que sirve.

5 Discusiones

Para evaluar la liquidez y solvencia de las cooperativas en Ecuador, es fundamental considerar su capacidad de gestionar el efectivo y los activos, manteniendo un nivel adecuado de capital y gestionando el riesgo crediticio para asegurar la rentabilidad a largo plazo. Las autoridades regulatorias también juegan un papel crucial en la supervisión y regulación del sector, sin perder de vista la esencia del cooperativismo, que es el apoyo a la economía popular y solidaria.

Las nuevas solicitudes de crédito en las cooperativas de economía popular y solidaria cayeron un -5,03%, al igual que en el trimestre anterior (-8,88%). Sin embargo, se espera un aumento en el segundo trimestre de 2024, ya que el indicador se sitúa en un 30,78%, lo que sugiere una tendencia de crecimiento.

En Ecuador, al igual que en muchos otros países, existe un segmento significativo de la población que aún no está completamente bancarizado. Esta población suele incluir comunidades rurales, grupos indígenas y sectores de bajos ingresos en áreas urbanas, donde las condiciones de acceso a servicios financieros son precarias. Factores como la falta de infraestructura adecuada y la presencia de conflictos, como el narcotráfico y la trata de personas, limitan el desarrollo empresarial en regiones como la Amazonía y la costa ecuatoriana.

En este contexto, las cooperativas de ahorro y crédito desempeñan un papel crítico en la promoción de la inclusión financiera en Ecuador, al ofrecer servicios financieros a comunidades locales y a personas que enfrentan dificultades para acceder a la banca tradicional. El cooperativismo apoya a los productores mediante un enfoque colectivista que fomenta el desarrollo social desde su inception [4-55-56-57]. No obstante, la investigación revela que existe una disociación en la demanda de crédito según el tipo de entidad y la línea de crédito. Actualmente, la demanda de crédito para consumo supera a la de crédito productivo, lo cual pone de manifiesto un problema de inclusión, ya que los requisitos para acceder a créditos productivos son más estrictos y a menudo difíciles de cumplir para los productores locales.

A pesar de esta brecha, los datos indican que los principales beneficiarios de estos créditos son mujeres jóvenes con negocios en sectores primarios y secundarios, como la agricultura, ganadería y confección. Esto sugiere que el capital inyectado estimula la economía de los segmentos más vulnerables de la sociedad, generando nuevas oportunidades de desarrollo.

Otro punto importante es el monto de los créditos. A diferencia de los bancos, las cooperativas ofrecen principalmente microcréditos, con un monto promedio de 5,000 USD y un plazo de 48 meses. Esto permite capitalizar pequeños negocios, a menudo familiares, que buscan el autoempleo ante la falta de oportunidades laborales formales. Además, los datos muestran que tras acceder a estos créditos, los empleos formales han crecido en un 17,87%, y lo más destacable es que se han mantenido en un 92,05% de los casos.

Por lo tanto, el rol de la economía popular y solidaria es fundamental para el desarrollo económico y social a nivel local. Facilita el acceso a crédito formal en condiciones estables y bien estructuradas a segmentos de la población históricamente excluidos de la banca tradicional. Los fondos otorgados benefician especialmente a pequeños productores y emprendimientos familiares, en muchas ocasiones liderados por mujeres y jóvenes, quienes ven el autoempleo como una alternativa productiva ante la escasez de empleos formales.

6 Conclusión

Con el desarrollo de la investigación se obtuvo un método neutrosófico para la evaluación del rol de la economía popular y solidaria en el desarrollo económico local, caso Cooperativa SAC. El sistema cooperativo debe estar basado en principios de economía solidaria, lo que implica la inclusión de valores como la equidad, la inclusión y la confianza. Esto facilitará el acceso al crédito formal para emprendedores, especialmente aquellos de la clase popular, quienes de otra manera se enfrentarían a oportunidades limitadas y un alto riesgo de recurrir a economías informales e ilegales. Sin embargo, esto no exime a las cooperativas de considerar indicadores de riesgo y asegurar su sostenibilidad financiera a mediano y largo plazo. De acuerdo con las regulaciones legales, es fundamental promover líneas de crédito favorables que fomenten el desarrollo productivo de pequeñas y medianas empresas.

A partir de la revisión de artículos y publicaciones recientes, parece no existir un modelo estandarizado para medir el impacto económico del sistema cooperativo en la economía local. No obstante, se pueden identificar ciertos efectos positivos, como la generación de empleo, la formalización de negocios y el pago de impuestos, que sugieren que los fondos inyectados por estas entidades influyen favorablemente en el desarrollo local y contribuyen a una mejor redistribución de la riqueza.

Los créditos otorgados benefician principalmente a mujeres y jóvenes emprendedores de clase media y popular, lo que refuerza el compromiso de estas entidades de ofrecer oportunidades a personas históricamente excluidas del sistema crediticio formal. Aunque los montos de los microcréditos tienden a destinarse al consumo, aquellos que han recibido créditos productivos reportan haber mantenido sus negocios, que fueron gravemente afectados por la pandemia, gracias a estos préstamos. Además, se observa un impacto directo en la generación de empleo, ya que muchos beneficiarios afirman haber creado al menos un nuevo puesto de trabajo y lo han mantenido durante los últimos dos años.

Un obstáculo significativo para el acceso al crédito son las garantías solicitadas. Por lo tanto, se recomienda una flexibilización de las políticas crediticias, asegurando no comprometer la estabilidad financiera de estas entidades.

Referencias

[1] J. R. O. Pereira, F. M. B. Borja, I. E. A. Rodríguez, and W. M. M. Cazar, "Sistema Financiero Popular y Solidario y su evolución desde la implementación de la nueva Ley Orgánica de Economía Popular y Solidaria en el Ecuador," *Cooperativismo & Desarrollo,* vol. 26, no. 112, 2018.

[2] F. A. SIMANCA, F. BLANCO, J. A. PÁEZ, and J. A. CORTES, "Medición de indicadores para analizar el impacto económico y social de las Cooperativas de Ahorro y Crédito," *Revista espacios,* vol. 42, no. 6, 2021.

[3] A. Fernández Lorenzo, and S. P. Galarza Torres, "El Cooperativismo en Ecuador: actualidad y perspectivas," *Cooperativismo y Desarrollo,* vol. 11, no. 3, 2023.

[4] O. Labrador Machín, S. Rivero Amador, R. Giráldez Reyes, and C. C. Torres Paez, "Gestión de empresas cooperativas. Estudio de esta temática en revistas de acceso abierto," *Cooperativismo y Desarrollo,* vol. 12, no. 1, 2024.

[5] K. G. Reyes, E. P. Vite, R. S. Cantuñí, and J. M. Rodríguez, "Cooperativas de Ahorro y Crédito del Ecuador y su incidencia en la conformación del Capital Social (2012-2016)," *Revista Espacios. Recuperado el,* vol. 14, 2018.

[6] P. Duque, O. E. Meza, D. Giraldo, and K. Barreto, "Economía Social y Economía Solidaria: un análisis bibliométrico y revisión de literatura," *Revesco: revista de estudios cooperativos*, no. 138, pp. 187-212, 2021.

[7] Y. Sierra Lara, M. A. Alonzo Villacis, and M. A. Cajas Beltrán, "Cooperativas de Ahorro y Crédito e inclusión financiera," *Cooperativismo y Desarrollo,* vol. 12, no. 1, 2024.

[8] T. Marier-Bienvenue, R. Pellerin, and L. Cassivi, "Project planning and control in social and solidarity economy organizations: a literature review," *Procedia computer science,* vol. 121, pp. 692-698, 2017.

[9] D. R. B. Bayas, and A. M. M. Noriega, "Cooperativismo y desarrollo sostenible en el Ecuador," *Ciencia digital,* vol. 3, no. 3.2, pp. 150-171, 2019.

[10] D. B. Orellana, and F. P. Rodríguez, "Impacto económico de las cooperativas de ahorro y crédito de tipo cerrada en los empleados de instituciones y empresas públicas y privadas," *Boletín de Coyuntura*, no. 28, pp. 5-10, 2021.

[11] E. C. Molina, J. F. D. Córdova, and E. P. T. Panchi, "Impacto de los principios cooperativos en el sector financiero popular y solidario ecuatoriano," *Revista de Ciencias Sociales,* vol. 26, no. 2, pp. 192-205, 2020.

[12] M. d. Social, "Ministerio de Inclusión Económica y Social," Recuperado el, 2013.

[13] G. H. Poveda-Burgos, E. A. Erazo-Flores, and G. J. Neira-Vera, "Importancia de las cooperativas en el Ecuador al margen de la EconomÃa Popular y Solidaria," *Observatorio de la economía latinoamericana*, no. 233, 2017.

[14] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[15] F. Smarandache, "A unifying field in Logics: Neutrosophic Logic," *Philosophy*, pp. 1-141: American Research Press, 1999.

[16] F. Smarandache, and S. Pramanik, *New trends in neutrosophic theory and applications*: Infinite Study, 2016.

[17] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[18] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[19] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[20] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[21] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.

[22] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[23] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.

[24] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.

[25] F. Smarandache, and T. Paroiu, *Neutrosofia ca reflectarea a realităţii neconvenţionale*: Infinite Study, 2012.
[26] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, "Single valued neutrosophic sets," *Review of the Air Force Academy*, no. 1, pp. 10, 2010.
[27] M. Y. L. Vázquez, K. Y. P. Teurel, A. F. Estrada, and J. G. González, "Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingenieria y Universidad: Engineering for Development,* vol. 17, no. 2, pp. 375-390, 2013.
[28] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.
[29] M. Saqlain, M. Saeed, M. R. Ahmad, and F. Smarandache, *Generalization of TOPSIS for Neutrosophic Hypersoft set using Accuracy Function and its Application*: Infinite Study, 2019.
[30] N. ValcÃ, and M. Leyva-VÃ, "Validation of the pedagogical strategy for the formation of the competence entrepreneurship in high education through the use of neutrosophic logic and Iadov technique," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 23, pp. 45-51, 2018.
[31] C. M. Villamar, J. Suarez, L. D. L. Coloma, C. Vera, and M. Leyva, *Analysis of technological innovation contribution to gross domestic product based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers*: Infinite Study, 2019.
[32] L. G. P. Cordón, "Modelos de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico," Universidad de Jaén, 2008.
[33] M. R. M. Arroyave, A. F. Estrada, and R. C. González, "Modelo de recomendación para la orientación vocacional basado en la computación con palabras [Recommendation models for vocational orientation based on computing with words]," *International Journal of Innovation and Applied Studies,* vol. 15, no. 1, pp. 80, 2016.
[34] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.
[35] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.
[36] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.
[37] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.
[38] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.
[39] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.
[40] J. E. Ricardo, A. J. Fernández, and M. Y. Vázquez, "Compensatory Fuzzy Logic with Single Valued Neutrosophic Numbers in the Analysis of University Strategic Management," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 18, no. 4, 2022.
[41] M. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and F. Smarandache, *Enhancing set-theoretic research methods with neutrosophic sets*: Infinite Study, 2024.
[42] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, *La Neutrosofía como herramienta para abordar la vaguedad lingüística en el análisis de textos de dilemas etico*: Infinite Study, 2024.
[43] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.
[44] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.
[45] L. Pérez, "Modelo de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico," Tesis doctoral. Universidad de Jaén, 2008.
[46] J. P. Ramos-Carpio, O. J. A. Machado, J. E. Ricardo, and A. B. M. Vasquez, "Assessing Higher Education's Role in Personality Formation Using NeutroAlgebra," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 71, pp. 50-57, 2024.
[47] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.
[48] M. Y. L. Vázquez, N. B. Hernández, J. E. Ricardo, and J. F. G. García, "Aplicación de análisis de sentimientos y enfoques neutrosóficos para la comprensión de información textual en la investigación," *Revista Conrado,* vol. 19, no. 94, pp. 294-300, 2023.
[49] K. Pérez-Teruel, M. Leyva-Vázquez, and V. Estrada-Sentí, "Mental Models Consensus Process Using Fuzzy Cognitive Maps and Computing with Words," *Ingenieria y Universidad,* vol. 19, no. 1, pp. 7-22, 2015.

[50] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[51] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[52] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[53] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[54] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[55] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[56] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[57] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 22, 2025. Aceptado: marzo 12, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método Neutrosófico Multicriterio para evaluar los desafíos jurídicos de la telemedicina en Ecuador

Neutrosophic Multicriteria Method to evaluate the legal challenges of telemedicine in Ecuador.

Jeannette Amparito Urrutia Guevara [1], Álvaro Mauricio Paredes Vayas [2], Kevin Jeanpierre Suarez Monotoa [3], and Emilia José Yancha Urrutia [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.jeannetteurrutia@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. alvaropv72@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. kevinsm25@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ma.emiliajyu71@uniandes.edu.ec

Resumen. La telemedicina emerge como una solución innovadora para mejorar el acceso a la atención médica, especialmente en áreas rurales y remotas; sin embargo, su implementación enfrenta desafíos jurídicos significativos debido a la falta de un marco regulatorio adecuado. Este proyecto de investigación tiene como objetivo desarrollar un Método Neutrosófico multicriterio para evaluar los desafíos jurídicos de la telemedicina en Ecuador, analizando obstáculos legales que afectan su aplicación, como la responsabilidad médica, la protección de datos, el consentimiento informado y la calidad de la atención en entornos remotos. Además, se proponen lineamientos para una regulación integral que garantice la seguridad del paciente y establezca claramente los límites de la responsabilidad profesional. Con estos esfuerzos, se busca aprovechar el potencial de la telemedicina para democratizar el acceso a servicios de salud de calidad en todo el territorio ecuatoriano, asegurando así que esta herramienta innovadora pueda beneficiar a la población de manera efectiva y segura.

Palabras Claves: método neutrosófico multicriterio, telemedicina, atención remota, protección de datos, consentimiento informado, innovación en salud.

Abstract. Telemedicine is emerging as an innovative solution to improve access to healthcare, especially in rural and remote areas; however, its implementation faces significant legal challenges due to the lack of an adequate regulatory framework. This research project aims to develop a multi-criteria Neutrosophic Method to assess the legal challenges of telemedicine in Ecuador, analyzing legal obstacles affecting its implementation, such as medical liability, data protection, informed consent, and quality of care in remote settings. Furthermore, guidelines are proposed for comprehensive regulation that guarantees patient safety and clearly establishes the limits of professional liability. These efforts seek to harness the potential of telemedicine to democratize access to quality healthcare services throughout Ecuador, thus ensuring that this innovative tool can benefit the population effectively and safely.

Keywords. multicriteria neutrosophic method, telemedicine, remote care, data protection, informed consent, health innovation.

1 Introducción

La telemática ha tenido un impacto significativo en la vida cotidiana en las últimas décadas, transformando la manera en que las personas se comunican y acceden a diferentes servicios [1]. En Ecuador, el punto cúspide de este fenómeno se produjo en 2019, con la aparición del COVID-19, que obligó a la población, tanto profesionales como estudiantes, a adaptarse rápidamente a un entorno donde todas las actividades debían llevarse a cabo desde el hogar. En este contexto, la telemedicina ha emergido como una herramienta crucial para proporcionar atención sanitaria, especialmente en áreas rurales y remotas donde el acceso a servicios médicos es limitado [2]. La telemedicina, entendida como la utilización de software y sistemas de telecomunicaciones para la transmisión y recepción de información, combina la informática y las tecnologías de comunicación para facilitar el cuidado de la salud a distancia [3].

A pesar de su potencial, la implementación efectiva de la telemedicina en Ecuador enfrenta desafíos significativos, especialmente en lo que respecta a la regulación y la responsabilidad profesional. La normativa actual ha evolucionado a un ritmo más lento que las prácticas médicas emergentes, generando un vacío legal que plantea numerosas dificultades [4]. Entre estos desafíos se incluyen cuestiones de privacidad y confidencialidad [5], así como la necesidad de definir claramente los límites de la responsabilidad médica en la atención a distancia.

Ecuador presenta dificultades históricas para garantizar una atención médica equitativa y de calidad para toda su población, especialmente en regiones de difícil acceso como zonas rurales [6]. La telemedicina se proyecta como una solución prometedora para abordar estas deficiencias; sin embargo, su implementación requiere un marco legal sólido que asegure la protección del paciente y establezca límites precisos en la responsabilidad de los profesionales de la salud [7]. Este marco no solo debe regular el ejercicio de la telemedicina, sino también abordar factores críticos que son esenciales para su éxito, como el acceso a servicios de salud, la innovación tecnológica, la continuidad de la atención y la seguridad jurídica [8-29].

La recopilación de información sobre los desafíos jurídicos actuales de la telemedicina en Ecuador ofrece una visión crítica de la situación. Identificar las barreras que obstaculizan la aceptación de este mecanismo permite desarrollar políticas y regulaciones que faciliten su adopción. Entre estos obstáculos se encuentran el vacío legal generado por la falta de legislación específica, la indefinición de la responsabilidad profesional, la protección de datos sensibles y la necesidad de asegurar que la calidad de la atención médica se mantenga a los estándares de la atención presencial [9].

A pesar de los beneficios que la telemedicina podría ofrecer, su efectividad en el contexto ecuatoriano se ve comprometida por la falta de un marco regulatorio claro y coherente. Esto genera una profunda incertidumbre en torno a la responsabilidad médica, limitando la capacidad de los profesionales de la salud para ofrecer atención a pacientes que operan fuera de su jurisdicción. La ausencia de claridad normativa plantea interrogantes fundamentales acerca de la telemedicina que deben abordarse en esta investigación: ¿Cómo se determina la jurisdicción en casos de mala praxis en telemedicina? ¿Cuáles son los límites de la responsabilidad médica en la atención remota? ¿Cómo se garantiza la confidencialidad y la seguridad de la información médica en entornos digitales? ¿Qué mecanismos legales son necesarios para validar el consentimiento informado en telemedicina? ¿Cómo se regulan las prescripciones médicas electrónicas y su validez legal? Estos interrogantes subrayan la urgencia de establecer un marco regulatorio que facilite la efectiva integración de la telemedicina en el sistema de salud ecuatoriano.

Esta investigación tiene como objetivo desarrollar un Método Neutrosófico Multicriterio para evaluar los desafíos jurídicos de la telemedicina en Ecuador. Este estudio aspira contribuir de manera significa sobre el desarrollo de la telemedicina en Ecuador, sentando bases para su regulación fomentando la innovación en el área de salud tributando con los derechos de los pacientes y brindar seguridad jurídica a los profesionales de la salud.

2 Materiales y métodos

La presente sección describe el funcionamiento del método neutrosófico multicriterio para evaluar los desafíos jurídicos de la telemedicina en Ecuador. El método basa su funcionamiento a partir de la lógica neutrosófica para representar la incertidumbre mediante la utilización de operadores para la agregación de información. La figura 1 muestra un esquema general del método propuesto.

Figura 1: Esquema general del método propuesto.

El método propuesto está diseñado para evaluar los desafíos jurídicos de la telemedicina en Ecuador. Emplea un enfoque multicriterio multiexperto donde a partir de indicadores evaluativos se definen la base sobre la cual se realiza la inferencia. Posee una etapa de procesamiento que realiza el análisis matemático de la solución y por último se generan las evaluaciones, como parámetro de salida del método. El proceso está formado por cuatro actividades básicas, tal como se describe a continuación:

Actividad 1 definición de los criterios evaluativos:

La actividad de determinación de los criterios evaluativos, utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Consiste en obtener los criterios para evaluar los desafíos jurídicos de la telemedicina. La definición de criterios evaluativos en este contexto se basa en un enfoque multicriterio y multiexperto, que resulta fundamental para abordar de manera integral los desafíos jurídicos asociados a la telemedicina. Este enfoque permite incorporar diversas perspectivas y especialidades que enriquecen el análisis y la toma de decisiones [10-23-24].

Para llevar a cabo este proceso de manera efectiva, se sugiere convocar a un grupo de expertos que oscile entre 5 y 11 profesionales. Esta cantidad es ideal, ya que asegura una representación multidisciplinaria sin caer en la complejidad que podría generar un grupo demasiado grande. La diversidad de conocimientos y experiencias dentro del equipo facilitará la identificación de criterios que reflejen los diversos aspectos legales, éticos y prácticos que la telemedicina conlleva.

Actividad 2 determinación de los pesos asociados a los criterios:

Con base en los criterios establecidos en la actividad previa, se procede a evaluar y valorar cada uno de ellos para determinar los pesos correspondientes a cada vector de evaluación. Este proceso es crucial, ya que los pesos asignados reflejarán la importancia relativa de cada criterio en la evaluación de los desafíos jurídicos de la telemedicina. Para asegurar la validez y relevancia de esta valoración, se integrará la opinión de expertos en el desarrollo de esta actividad. La participación de estos especialistas no solo aporta un conocimiento profundo al proceso, sino que también garantiza que los pesos asignados sean el resultado de un consenso informado, considerando las múltiples dimensiones y matices de los desafíos legales en el campo de la telemedicina.

Actividad 3 agregación de la información:

La agregación de información es la actividad más importante del método, representa un mecanismo utilizado en los sistemas de apoyo a la toma de decisiones, para la evaluación o decisión, consiste en la transformación de un conjunto de datos (conjunto difuso) en un único elemento [11-25].

Definición 1: Operador T-norma: Un operador T: $[0,1] * [0,1] \rightarrow [0,1]$ es un operador T-norma si cumple las siguientes propiedades:

1. Conmutativa $\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{y}) = \mathrm{T}(\mathrm{y},\mathrm{x})$.
2. Asociativa $\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{T}(\mathrm{y},\mathrm{z}) = \mathrm{T}(\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{y}),Z)$.
3. Monótono creciente $\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{y}) > T(x,y)$ si $x \geq \mathrm{x}' \cap \mathrm{y} \geq \mathrm{y}'$.
4. Elemento neutro $\mathrm{T}(\mathrm{x},1) = \mathrm{x}$.

Los operadores de agregación de información Suma Ponderada Ordenada (OWA) permiten la agregación de información de acuerdo a parámetros predefinidos, obteniéndose un valor representativo. Un decisor puede agregar la información en función del grado de optimismo o pesimismo deseado [12-26] .

Definición 2: Operador OWA: Una función $F: R^n \rightarrow \mathrm{R}$, es un operador OWA de dimensión *n* si tiene un vector asociado W de dimensión *n* tal que sus componentes satisfagan [13]:

1) $\mathrm{W_j} \in [0,1]$,
2) $\sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{W_j} = 1$, y
3) $\mathrm{F}(\mathrm{a_1},\mathrm{a_2},,,\mathrm{a_n}) = \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{W_j b_j}$

Donde $\mathrm{b_j}$ es el J-ésimo más grande de los $\mathrm{a_j}$.

Se puede expresar el operador agregación mediante una notación vectorial tal como se representa en la ecuación 1:

$$\mathrm{F}(\mathrm{a_1},\mathrm{a_2}..\mathrm{a_n}) = \mathrm{W^t B} \quad (1)$$

Donde:

W: es el vector OWA de peso asociado con la agregación.

B: es el vector agregado ordenado, donde el j-ésimo más grande componente de B es b_j siendo este el j-ésimo más grande de los a_i.

Los números neutrosóficos se pueden expresar en la lógica neutrosófica como se muestra en [14, 15]:

Definición 3: Sean $N = \{(T,I,F) : T,I,F \subseteq [0,1]\}n$,

Un valor neutrosófico es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , a partir de cada sentencia p se tiene [16-18]:

$$v\,(p) = (T,I,F) \quad (2)$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un operador OWA Neutrosófico como una 2-tupla (W,B) tal como representa la ecuación 3.

$$F(a_1, a_2..a_n) = W_{(T,I,F)}{}^{t}B_{(T,I,F)} \quad (3)$$

Donde:

W: es el vector OWA de peso asociado con la agregación que posee un espacio de verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

B: es el vector agregado ordenado, donde el j-ésimo más grande componente de B es b_j siendo este el j-ésimo más grande de los a_i, que posee un espacio de verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F) [19-21]

El método propuesto basa el proceso de agregación mediante el operador OWA para números neutrosóficos [14, 15].

Actividad 4 generación de las evaluaciones:

Una vez agregada la información, se obtiene como resultado las evaluaciones derivadas del proceso, representan las informaciones la salida del método que evalúa los desafíos jurídicos de la telemedicina en Ecuador.

3 Resultados y discusión

La implementación del Método Neutrosófico Multicriterio busca evaluar los desafíos jurídicos de la telemedicina en Ecuador. Se inició con un análisis de la normativa vigente sobre el derecho a la salud, garantizado por el Estado. La Constitución de la República del Ecuador y diversas leyes, como la Ley Orgánica de Salud y la Ley de Seguridad Social, establecen la salud como un derecho fundamental y delinean las responsabilidades del Estado y del Ministerio de Salud Pública. Sin embargo, se observa que no existen normativas específicas sobre la atención médica remota. Aunque hubo intentos como la "expansión del programa de telemedicina a nivel nacional", estos no tuvieron el impacto necesario. La pandemia de COVID-19 impulsó el interés en la telemedicina, evidenciando la necesidad de una regulación integral, infraestructura adecuada y capacitación del personal de salud para implementar servicios de telemedicina de manera efectiva a nivel nacional, enfrentando desafíos técnicos, logísticos y regulatorios, de ahí surge la propuesta de desarrollar un Método Neutrosófico para realizar esta evaluación. A continuación se describen los principales elementos del método implementado.

Actividad 1: definición de los indicadores evaluativos.

Para determinar los criterios evaluativos del Método Neutrosófico Multicriterio para evaluar para evaluar los desafíos jurídicos de la telemedicina en Ecuador, se convocó a un equipo multidisciplinario de 11 expertos. El panel de expertos que participó en la identificación de los criterios de evaluación está compuesto por profesionales con diversas especialidades relacionadas con la salud, el derecho, la tecnología y la ética. La diversidad del equipo garantiza que se aborden de manera integral las múltiples dimensiones de la telemedicina, lo que enriquecerá el proceso de evaluación. La inclusión de especialistas permite considerar diferentes perspectivas y experiencias, promoviendo un análisis más profundo y fundamentado sobre los desafíos jurídicos específicos que enfrenta la telemedicina en el contexto ecuatoriano. La Tabla 1 muestra los criterios obtenidos.

Tabla 1: Criterios evaluativos.

ID	Criterios	Descripción
C_1	Calidad de la atención	Se refiere a la evaluación de si los servicios de telemedicina cumplen con estándares de calidad en la atención médica ofrecida. Esto incluye la formación y competencia del personal de salud así como la eficacia de los diagnósticos y tratamientos realizados a través de plataformas digitales.
C_2	Confidencialidad y protección de datos	Analiza cómo se gestionan y protegen los datos personales de los pacientes en el contexto de la telemedicina. La garantía de la confidencialidad es esencial para establecer la confianza entre los pacientes y los proveedores de salud, así como para cumplir con las normativas relacionadas con la protección de datos.
C_3	Accesibilidad	Evalúa la capacidad de las personas para acceder a servicios de telemedicina, teniendo en cuenta factores como la localización geográfica, la disponibilidad de tecnología y la conectividad a internet. Es fundamental que los servicios no solo estén disponibles, sino que también sean accesibles para todas las poblaciones, incluyendo aquellas en áreas rurales o desfavorecidas.
C_4	Marco legal y regulación	Evalúa la existencia y efectividad de las normativas que regulan la telemedicina en Ecuador. Se analizarán los vacíos legales y la necesidad de una legislación que aborde específicamente los aspectos de la atención médica a distancia, así como el marco legal que debe existir para proteger tanto a los pacientes como a los proveedores de servicios de salud.

ID	Criterios	Descripción
C_5	Aceptación y uso por parte de los profesionales de la salud	Se centra en la disposición de los profesionales de la salud para adoptar y utilizar la telemedicina como parte de su práctica. La aceptación por parte de los médicos y otros proveedores es crucial para la implementación efectiva de servicios de telemedicina y para asegurar que se utilicen adecuadamente las herramientas tecnológicas disponibles.

Actividad 2 determinación de los pesos asociados a los criterios:

Con el empleo de un enfoque mutiexperto y tomando como referencia los resultados obtenidos hasta el momento, se determinan los pesos atribuidos a casa criterios. En el proceso participó el equipo multidisciplinario, los cuales emitieron sus valoraciones. Como resultado final se obtuvieron los vectores de pesos asociados a cada criterio. La tabla 2 muestra los resultados obtenidos después de la agregación de los resultados emitidos por los expertos.

Tabla 2: Vectores de pesos asociados a los criterios.

Criterio	W (T, I, F)
C_1	[0.80, 0.25,0.20]
C_2	[0.80, 0.25,0.20]
C_3	[0.9, 0.25,0.10]
C_4	[0.80, 0.25,0.20]
C_5	[0.9, 0.15,0.10]

Actividad 3 agregación de la información:

A partir del procesamiento que se realiza de entre los vectores de pesos asociados de los criterios y las preferecias obtenidas de la evaluación, se realiza el proceso de agregación de información a partir de lo expresado en la ecuación 3. Para el proceso de agregación se realiza un ordenamiento de los indicadores evaluativos. La tabla 3 presenta el resultado de los valores obtenidos durante el proceso de agregación.

Tabla 3: Resultado del proceso de agregación.

Criterio	Pesos	Preferencias	Agregación
C_1	[0.80, 0.25,0.20]	[0.80, 0.25,0.20]	[0.80, 0.25,0.20]
C_2	[0.80, 0.25,0.20]	[0.80, 0.25,0.20]	[0.80, 0.25,0.20]
C_3	[0.9, 0.25,0.10]	[0.9, 0.25,0.10]	[0.9, 0.25,0.10]
C_4	[0.80, 0.25,0.20]	[0.9, 0.25,0.10]	[0.9, 0.25,0.10]
C_5	[0.9, 0.15,0.10]	[0.9, 0.25,0.10]	[0.9, 0.25,0.10]
Índice			**[0.86, 0.10,0.10]**

Actividad 4 generación de las evaluaciones:

La evaluación generada a partir del análisis de los datos de la tabla 3 revela un índice general de desafíos jurídicos de la telemedicina en Ecuador de 0.86, lo que indica un alto nivel de complejidad en este ámbito. Este resultado sugiere que, a pesar de los avances tecnológicos y las iniciativas implementadas, persisten significativos obstáculos legales que afectan la efectividad y viabilidad de la telemedicina en el país. El elevado índice es una clara señal de que la actual infraestructura normativa no ha logrado adaptarse con la rapidez necesaria a las innovaciones en el sector salud, lo cual es fundamental para garantizar un acceso adecuado y equitativo a estos servicios.

Entre los desafíos identificados durante la evaluación de los criterios, destaca la falta de legislación específica que regule la telemedicina. La ausencia de un marco legal claro crea incertidumbre tanto para los proveedores de salud como para los pacientes, lo que puede limitar la adopción de estas tecnologías. Los profesionales de la salud, enfrentados a un vacío regulatorio, pueden mostrar resistencia en la integración de la telemedicina en su práctica diaria, lo que a su vez impacta negativamente en la accesibilidad y calidad de la atención prestada.

Además, el criterio de confidencialidad y protección de datos se presenta como otro de los puntos críticos que contribuyen al alto índice de desafíos jurídicos. En un entorno donde el manejo de información personal es crucial, la preocupación por la seguridad de los datos podría desincentivar tanto a proveedores como a pacientes de participar en servicios de telemedicina. La falta de normativas robustas que aseguren la protección de la información sensible crea una barrera que podría resultar en la desconfianza hacia estos servicios.

Los resultados generales del Método Neutrosófico Multicriterio, resaltan la necesidad de un enfoque multidimensional que contemple no solo las leyes, sino también la capacitación de los profesionales de la salud y la infraestructura necesaria para implementar la telemedicina de manera efectiva. Es evidente que, para superar los obstáculos identificados, se requiere un esfuerzo conjunto entre el Estado, los organismos reguladores y los profesionales de la salud, a fin de desarrollar un entorno legal y práctico que favorezca la evolución de la telemedicina

en Ecuador. Solo así se podrá aprovechar plenamente el potencial de estas tecnologías para mejorar el acceso y la calidad de la atención médica en el país.

4 Discusiones

En Ecuador, la telemedicina carece de una regulación clara, lo que ha dado lugar a vulneraciones y fallas médicas que afectan a la ciudadanía. Aunque existe el Acuerdo Ministerial No. 00126-2020 del Ministerio de Salud Pública, este documento no logra satisfacer completamente las necesidades de atención de la población. A nivel internacional, varios países han reconocido este problema y han implementado regulaciones más completas. Por ejemplo, Uruguay, a través del Decreto N° 127/024 de 2024, establece principios que sustentan la telemedicina, tales como su alcance, objetivos, requisitos, servicios, obligaciones de capacitación del personal, y la gestión del historial clínico del paciente. También incorpora medidas de seguridad y protección de datos, así como regulaciones sobre transferencias internacionales y sanciones por incumplimiento. Por su parte, Brasil, mediante la Ley Nº 14.510 de 2022, aborda la telemedicina de manera integral, destacando la autonomía del profesional de la salud, el derecho del paciente a ser informado, la posibilidad de negarse a la atención a distancia, y aspectos cruciales como la dignidad del profesional, la calidad de la atención, la confidencialidad de datos y la responsabilidad digital.

Según [22], la telemedicina ha evolucionado significativamente y se ha adaptado a diversos contextos y necesidades. Su capacidad fue especialmente evidente durante la pandemia de COVID-19, que forzó a muchos países a adoptar esta tecnología de manera inmediata, convirtiéndose en una herramienta esencial para mantener la atención médica mientras se controlaban los contagios. En Ecuador, la telemedicina emergió como una solución de emergencia en respuesta a la crisis sanitaria, poniendo de manifiesto las limitaciones del sistema de salud que se vio obligado a implementar nuevas medidas para proporcionar atención a todos los pacientes sin colapsar.

Aunque la telemedicina no es un concepto nuevo en Ecuador, según [9-27-28], su significancia y aplicación se revitalizaron durante la pandemia. Inicialmente se presentó como una solución para mejorar el acceso a la salud en zonas remotas y de difícil acceso, pero ahora enfrenta el reto de integrarse plenamente en el sistema de salud nacional. Este desafío no radica únicamente en la disponibilidad de medios tecnológicos, sino que también es cultural, requiriendo una transformación total en la forma tradicional de brindar atención médica. El potencial de la telemedicina radica en su capacidad para convertirse en una parte integral y cotidiana del sistema de salud ecuatoriano. El éxito de esta transición será crucial para el futuro de la atención médica en el país.

Para aplicar de manera efectiva la telemedicina en Ecuador se podría considerar los siguientes aspectos:

Marco legal:

- Desarrollar una ley específica de telemedicina que complemente el Acuerdo Ministerial No. 00126-2020
- Establecer estándares claros para la práctica de telemedicina, incluyendo:
  - Requisitos de licencia y certificación para profesionales
  - Protocolos de consentimiento informado
  - Normas de privacidad y seguridad de datos
- Creación de un organismo regulador específico para supervisar la telemedicina.

Infraestructura en medios tecnológicos e instituciones de salud:

- Mejorar la conectividad de internet en zonas rurales y remotas.
- Implementar una plataforma nacional segura que garantice confianza sobre el uso de la telemedicina.
- Desarrollar un sistema de historial clínico que funcione de manera interoperable.
- Proporcionar dispositivos electrónicos adecuados para brindar una atención medica remota.

Capacitación y Educación a profesionales del área de salud:

- Integrar la telemedicina en los planes de estudio de medicina y enfermería.
- Ofrecer programas de capacitación continua para profesionales de la salud.
- Educar a los pacientes y a las comunidades rurales sobre el uso y beneficios de la telemedicina.

Servicios de Atención:

- Definir protocolos claros para la atención en telemedicina.
- Establecer guías clínicas específicas para consultas remotas y cuáles son sus requisitos.
- Implementar un sistema de seguimiento y evaluación de resultados que garantice una atención de calidad.

Sistema de salud virtual:

- Crear medios y servicios de atención que integren servicios presenciales y de telemedicina.
- Establecer un sistema de referencia y contrarreferencia que incluya telemedicina en caso de inquietudes o situaciones de alta complejidad.
- Integrar la telemedicina en programas de salud pública y privada con el fin de brindar una prevención a enfermedades tratables.

Accesibilidad:

- Desarrollar interfaces de usuario accesibles y sencillas para todas las personas y grupos de atención prioritaria.

- Implementar servicios de interpretación remota para comunidades indígenas.

Cooperación internacional:

- Establecer acuerdos para la colaboración entre países que son líderes en telemedicina con el fin de aprender y aplicar regulaciones acordes a las dificultades que atraviesa la sociedad en el área de atención médica.

Para implementar esta propuesta, se requiere una colaboración conjunta entre el sector de la salud, el estado, los expertos en tecnología y los profesionales del marketing para crear un ecosistema de telemedicina de calidad, eficaz y ampliamente aceptado mediante regulaciones que respalden esta propuesta que garantices la seguridad jurídica tanto al profesional de la salud como al paciente.

5 Conclusión

Los resultados del Método Neutrosófico Multicriterio para evaluar los desafíos jurídicos de la telemedicina en Ecuador evidencian que, a pesar de los avances tecnológicos en el ámbito de la salud, aún existen importantes obstáculos que dificultan su implementación efectiva. El análisis realizado demuestra que la falta de un marco legal claro y específico para la telemedicina, así como la preocupación por la privacidad y la protección de datos, constituyen barreras significativas. Asimismo, se destaca la necesidad de un enfoque integral que contemple no solo la regulación normativa, sino también la capacitación de los profesionales de la salud y el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica. Estas conclusiones subrayan la urgencia de un compromiso concertado entre el gobierno, los organismos reguladores y la comunidad médica para desarrollar estrategias y políticas que promuevan la telemedicina como una herramienta viable y eficaz, garantizando así el derecho a la salud para todos los ciudadanos ecuatorianos.

Referencias

[1] J. C. Cedeño, L. C. García, and Á. Macías-Mero, "Análisis bibliográfico de las tecnologías Iot en la Telemedicina para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 5, pp. 256-277, 2024.

[2] H. L. A. Bravo, and L. V. S. Parrales, "Impacto del uso de la tecnología en la sociedad ecuatoriana actual," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 2, pp. 48-62, 2024.

[3] E. Parimbelli, B. Bottalico, E. Losiouk, M. Tomasi, A. Santosuosso, G. Lanzola, S. Quaglini, and R. Bellazzi, "Trusting telemedicine: a discussion on risks, safety, legal implications and liability of involved stakeholders," *International journal of medical informatics,* vol. 112, pp. 90-98, 2018.

[4] R. R. Lomelí, S. M. A. Burne, and J. A. H. Martínez, "Estrategias y desafíos en el turismo médico: una revisión sistemática de la atención de pacientes internacionales y turistas," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 7, no. 1, pp. 11-24, 2025.

[5] D. A. S. Balladares, and V. H. G. Toapanta, "El futuro de los laboratorios clínicos luego del Covid 19," *Revista Científica de Salud BIOSANA,* vol. 4, no. 2, pp. 122-134, 2024.

[6] M. Malo-Serrano, and N. Malo-Corral, "Reforma de salud en Ecuador: nunca más el derecho a la salud como un privilegio," *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública,* vol. 31, pp. 754-761, 2014.

[7] D. M. Bolaños, "Telemedicina en el Ecuador: un mundo de desafíos y oportunidades," *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida,* vol. 12, no. 2, pp. 32-35, 2010.

[8] L. J. A. Durango, and P. T. V. Quiroz, "Implementación de servicios de telemedicina para mujeres gestantes en la parroquia Chonta Punta, Ecuador," *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación,* vol. 6, no. 45, pp. 264-281, 2022.

[9] E. A. Pico, A. P. M. Veloz, and J. O. C. Rodríguez, "Comparación del uso de la telemedicina y la salud digital en ecuador según la región geográfica," *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas,* vol. 42, no. 2, 2023.

[10] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[11] R. Mesiar, L. Šipeky, P. Gupta, and J. LeSheng, "Aggregation of OWA operators," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems,* vol. 26, no. 1, pp. 284-291, 2017.

[12] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.

[13] R. R. Yager, "OWA aggregation with an uncertainty over the arguments," *Information Fusion,* vol. 52, pp. 206-212, 2019.

[14] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[15] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[16] F. Smarandache, S. Broumi, P. K. Singh, C.-f. Liu, V. V. Rao, H.-L. Yang, I. Patrascu, and A. Elhassouny, "Introduction to neutrosophy and neutrosophic environment," *Neutrosophic Set in Medical Image Analysis*, pp. 3-29: Elsevier, 2019.

[17] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, "Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference)," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

[18] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[19] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[20] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[21] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[22] C. A. O. Gallegos, J. G. J. Vivanco, W. G. C. Fajardo, and P. K. T. Montesdoca, "Telemedicina en tiempos de covid-19¡ más que un medio, una oportunidad!," *Más Vita,* vol. 3, no. 4, pp. 51-55, 2021.

[23] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[24] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[25] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[26] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[27] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[28] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[29] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 23, 2025. Aceptado: marzo 13, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Mapa Cognitivo Neutrosófico para la evaluación en la concientización sobre la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador

Neutrosophic Cognitive Map for the evaluation of data protection awareness of children and adolescents in Ecuador

Kerly Joselyna Silva Basantes[1], Melanny Yuliana Espinoza Robalino[2], Cosme Rodrigo Rea Guadalupe[3], and Mónica Alexandra Salame Ortiz[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. dr.kerlyjsb25@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. melannyyer66@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. cosmerrg92@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. ua.monicasalame@uniandes.edu.ec

Resumen. En la actualidad, en la era digital, la protección de los datos personales de niños, niñas y adolescentes es un tema de vital relevancia. Por lo tanto, este artículo analiza el marco legal ecuatoriano referente a la protección de datos de menores, subrayando la necesidad de fomentar la concientización tanto en los jóvenes como en sus cuidadores. El objetivo de la presente investigación es implementación de método Neutrosófico para la evaluación en la concientización sobre la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador. A pesar de los avances legislativos, persisten desafíos significativos en la aplicación y la concientización pública.

Palabras Claves: Mapa Cognitivo Neutrosófico, protección de datos, niños, adolescentes, concientización, Ecuador, marco legal, educación, digital.

Abstract. In the digital age, the protection of children's and adolescents' personal data is a vital issue. Therefore, this article analyzes the Ecuadorian legal framework regarding the protection of minors' data, highlighting the need to promote awareness among both young people and their caregivers. The objective of this research is to implement the Neutrosophic method to assess awareness of data protection among children and adolescents in Ecuador. Despite legislative advances, significant challenges persist in implementation and public awareness.

Keywords: Neutrosophic Cognitive Map, data protection, children, adolescents, awareness, Ecuador, legal framework, education, digital.

1 Introducción

En la era digital actual, la protección de los datos personales de niños y adolescentes ha emergido como una prioridad crítica a nivel global. La creciente digitalización y el uso intensivo de tecnologías de la información han facilitado un acceso sin precedentes a una vasta cantidad de información y oportunidades. Sin embargo, este fenómeno también ha incrementado los riesgos asociados con la privacidad y la seguridad de los datos personales, lo que resulta especialmente relevante en Ecuador. Aquí, el acceso a internet y el uso de dispositivos tecnológicos entre los jóvenes han crecido notablemente en los últimos años. Datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) indican que el acceso a internet en los hogares ecuatorianos ha aumentado considerablemente en la última década, lo que expone a los menores a riesgos digitales como el robo de identidad, el ciberacoso y la explotación en línea.

Los menores son particularmente vulnerables en el entorno digital debido a su limitada comprensión de las

implicaciones que conlleva compartir información personal, así como a la falta de mecanismos de protección adecuados disponibles en muchas plataformas. La facilidad con la que se puede acceder y difundir información en línea agrava esta vulnerabilidad, convirtiendo a niños y adolescentes en blancos fáciles para actividades malintencionadas. Ante estos desafíos, Ecuador ha implementado diversas normativas y políticas dirigidas a proteger la privacidad y los datos personales de los menores. La Constitución de la República del Ecuador (2008) [1] establece en su artículo 66 que la protección de datos personales es un derecho fundamental. Este marco constitucional se ve reforzado por la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (2021) [2], que establece un marco regulatorio integral para la protección de datos en el país, incorporando principios esenciales como finalidad, proporcionalidad, transparencia y seguridad, con un enfoque específico en la protección de grupos vulnerables, incluyendo niños y adolescentes.

A pesar de los avances legislativos, la implementación y el cumplimiento de estas normativas presentan desafíos significativos. La falta de conciencia y educación sobre la importancia de la privacidad de datos entre los jóvenes y sus familias es un problema recurrente. Muchas veces, tanto los menores como sus cuidadores no son plenamente conscientes de los peligros que implica la exposición de información personal en línea, lo que subraya la imperante necesidad de implementar programas educativos y campañas de sensibilización. La rápida evolución de la tecnología y la capacidad de las empresas para recopilar y procesar grandes volúmenes de datos personales a menudo superan la velocidad de respuesta regulatoria, creando así una brecha entre las prácticas actuales de manejo de datos y las regulaciones existentes. Esto complica el desafío de asegurar una protección efectiva de la privacidad de los menores.

En el contexto ecuatoriano, es fundamental abordar la protección de datos de niños y adolescentes desde una perspectiva multidimensional que involucre a diversos actores, como el Estado, las instituciones educativas, las empresas tecnológicas y la sociedad civil. Esta colaboración es esencial para desarrollar y promover entornos digitales seguros para los menores. Las instituciones educativas juegan un papel crucial en fomentar una cultura de privacidad y protección de datos desde una edad temprana, mientras que las empresas tecnológicas deben adoptar prácticas más responsables y transparentes en el manejo de información. Por su parte, el Estado tiene la responsabilidad de garantizar el cumplimiento de las leyes y regulaciones, proveyendo los recursos y herramientas necesarios para una protección efectiva.

Asimismo, el Código Orgánico Integral Penal [3] en su artículo 178 estipula que cualquier persona o grupo que realice el tratamiento de datos personales sin la debida autorización legal será sancionado con penas de privación de libertad de 1 a 3 años, excluyendo de esta infracción a quienes divulguen información que les concierna directamente o cuando se trate de información pública según lo previsto por la ley. La protección de datos no es solo una cuestión de garantizar el control sobre la información personal; también implica la facultad de solicitar la modificación o eliminación de cualquier dato en las entidades gubernamentales o privadas donde se maneje, almacene u organice dicha información [4-36-37].

Además, el glosario iberoamericano de protección de datos [5] señala que la protección de datos implica la gestión adecuada de la información sensible de una persona por parte de otra, siguiendo procedimientos que aseguren su correcto control y manejo, así como la prevención de usos ilícitos. Se entiende también como el conjunto de medidas necesarias para proteger datos personales en medios físicos o digitales, previniendo la divulgación sin el consentimiento del titular y salvaguardando así sus derechos fundamentales a la intimidad personal y familiar [6-38].

Este artículo tiene como objetivo examinar los desafíos específicos que enfrenta Ecuador en la protección de los datos personales de niños y adolescentes, y propone acciones para mejorar la situación. A través de una revisión exhaustiva de la legislación ecuatoriana y las mejores prácticas adoptadas en otros países, se pretende ofrecer una visión comprensiva y práctica para abordar esta problemática. Se explorarán experiencias exitosas de otros contextos que podrían ser adaptadas e implementadas en Ecuador, con el fin de fortalecer la protección de los datos personales de los menores y garantizar la creación de entornos digitales seguros.

2 Materiales y métodos

Los problemas presentes en la concientización sobre la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador, pueden ser modelado como un problema de toma de decisiones multicriterio a partir del:

Conjunto de casos de concientización sobre la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador que representan las alternativas a analizar en el proceso evaluación en el que:

El número de casos de concientización $P= \{P_1, \dots P_n\},\ n \geq 1$, que poseen manifestaciones de protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador, las cuales representan los múltiples criterios valorativos donde:

$C= \{C_1, \dots C_m\},\ m \geq 2.$

La investigación ha sido desarrollada utilizando un enfoque cualitativo a partir del uso del método científico [7]. Se enmarca en el objeto de estudio la evaluación en la concientización sobre la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador. Utiliza técnicas de inteligencia artificial para la inferencia sobre el análisis de incidencias y basa su funcionamiento a partir del método científico del criterio de expertos para obtener la base de

conocimiento necesaria en el desarrollo de la investigación. Para el desarrollo de la presente investigación se modeló las relaciones causales asociadas los criterios que caracterizan los casos de concientización.

Modelos causales: existen diferentes tipos de causalidad que son expresadas en forma de grafos, donde cada modelo causal que se puede representar por un grafo son representaciones de la causalidad entre conceptos. Los modelos causales permiten modelar la causa o efecto de un determinado evento [8], [9] [10]. La Figura 1 muestra un esquema con las diferentes relaciones causales.

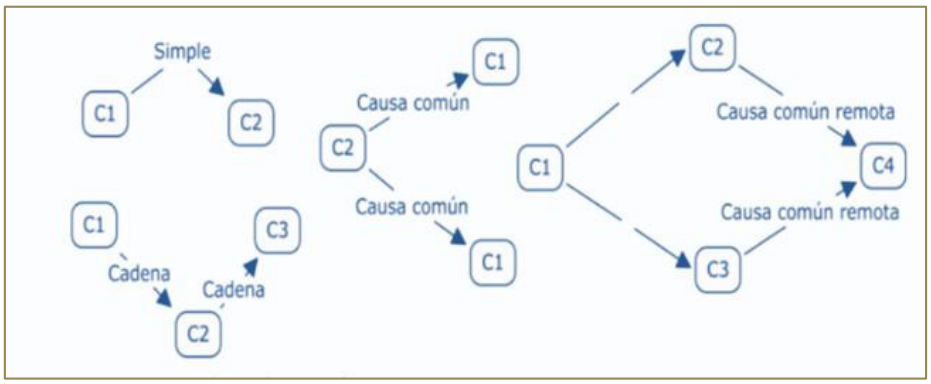


Figura 1: Ejemplo de grafos causales.

El Mapa Cognitivo Neutrosófico (MCN) es una técnica que permite la representación de las relaciones causales de diferentes conceptos propuesta por Kosko [11] como una extensión de los modelos mentales empleando valores difusos en un intervalo de [-1,1] [12]. Los MCN se representan mediante modelos difusos con retroalimentación para representar causalidad [13, 14].

En el MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos [15-34-5]:

- $W_{ij} > 0$, indica una causalidad positiva entre los conceptos C_j *y* C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva al incremento (o disminución) en el valor de C_i.
- $W_{ij} < 0$, indica una causalidad negativa entre los conceptos C_j *y* C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva a la disminución (o incremento) en el valor de C_i.
- $W_{ij} = 0$, indica la no existencia de relaciones entre los conceptos C_j *y* C_i.

2.1 Método para la evaluación en la concientización sobre la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador

El sistema propuesto está estructurado para soportar el proceso evaluación en la concientización sobre la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador. Basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio multiexperto donde se modela criterios, casos de concientización sobre la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador. Utiliza en su inferencia modelos causales como forma de representar el conocimiento a partir de la técnica de inteligencia artificial Mapa Cognitivo Neutrosófico. El método está diseñado mediante una arquitectura en tres capas para modelar el negocio propuesto: (1) entradas; (2) procesamiento; y (3) salidas [16-19].

1. Las entradas del sistema: representan el conjunto de casos de concientización a analizar, los criterios que caracterizan la concientización, las relaciones causales que poseen los criterios, y los expertos que intervienen en el sistema para establecer las relaciones causales.
2. El procesamiento del sistema: se realiza mediante el flujo de trabajo que conforman las cinco actividades del núcleo de inferencia para la evaluación en la concientización sobre la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador.
3. Las salidas del sistema: representan los resultados del procesamiento donde se obtiene la evaluación en la concientización sobre la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador.

La etapa de procesamiento está conformado por cinco actividades: identificación de los criterios de evaluación; determinación de las relaciones causales; identificación de los pesos atribuidos a los criterios; identificación de las manifestaciones; y generación de la evaluación, que son descritas a continuación.

Actividad 1 identificación de los criterios de evaluación: La identificación de los criterios representa la actividad en la que se determinan el conjunto general de indicadores evaluativos que representan la base de inferencia. Se utiliza un enfoque multicriterio para analizar la base de casos, por lo que se identifican la mayor cantidad de criterios posibles.

Actividad 2 determinación de las relaciones causales: La determinación de las relaciones causales utiliza

un enfoque multicriterio multiexperto. Garantiza la representación del conocimiento causal de los criterios evaluativos. La actividad consiste en extraer el conocimiento que poseen los expertos sobre los criterios evaluativos. Las relaciones causales son expresadas mediante un dominio de valores que expresan relaciones de implicación directas o inversas para lo cual se utiliza la escala tal como muestra la Tabla1. Esta actividad es muy importante ya que el conocimiento que poseen los expertos sobre los síntomas no está registrado en la base de casos analizada.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Durante la determinación de las relaciones causales se realiza un proceso de agregación donde se obtiene un arreglo denominado matriz de adyacencia que representa los valores asignados a los arcos [20, 21] de modo que:

$$M = \begin{bmatrix} \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & W_{ij} & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \end{bmatrix}$$

La matriz de adyacencia $M = M(C_i C_j)$ representa el valor causal de la función del arco, el nodo C_i que es imparte C_j. C_i incrementa causalmente a C_j si $M_{ij} = -1$, y no imparte caulsalmente sí $M_{ij} = 0$.

Actividad 3 identificación de los pesos atribuidos a los criterios: a partir de la obtención en la actividad 2 de la matriz de adyacencia, los valores agregados emitidos por los expertos agrupados, conforman las relaciones con los pesos de los nodos, a través del cual es generado el Mapa Cognitivo Neutrosófico resultante. Mediante un análisis estático del resultado de los valores obtenidos en la matriz de adyacencia se puede calcular el grado de salida utilizándose la ecuación (1) donde se obtienen los pesos atribuidos a cada manifestación [22-24].

$$id_i = \sum_{i=1}^{n} \left\| I_{ji} \right\| \tag{1}$$

Actividad 4 identificación de las manifestaciones: la identificación de las manifestaciones es la actividad que consiste en determinar cuáles criterios están presentes en las alternativas analizadas. Para ello se entrevistan a las alternativas y/o familiares, y se determina el grado de preferencia que poseen los criterios a partir de la autovaloración que emiten . La Tabla 2 muestra el dominio de valores con sus etiquetas lingüísticas utilizados para expresar las preferencias sobre la concientización sobre la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador.

Tabla 2: Dominio de valores para expresar preferencias.

Valor	Impacto
[0,1,1]	Ausencia del criterio (AC)
[0.20,0.85,0.80]	Ligera presencia del criterio (LP)
[0.50,0.50,0.50]	Baja presencia del criterio (BP)
[0.70,0.25,0.30]	Presencia del criterio (PS)
[1,0,0]	Alta presencia del criterio (AP)

Actividad 5 generación de la evaluación: el proceso de evaluación se basa en la simulación del escenario propuesto por Glykas [25], los nuevos valores de los conceptos expresan la influencia de los conceptos interconectados al concepto específico y se calculan mediante la ecuación (2):

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1;\, j\neq i}^{n} A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \quad (2)$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji}: es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y f (x) es la función de activación [26].

3 Resultados y discusión

En esta sección se presenta una descripción de la implementación de un método destinado a evaluar la concientización sobre la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador, utilizando un Mapa Cognitivo Neutrosófico. A continuación, se detallan los resultados del estudio, comenzando con la primera actividad: la identificación de los criterios evaluativos.

Para establecer estos criterios, se recurrió a un enfoque basado en la opinión de expertos. Se convocó un panel compuesto por profesionales de diversas disciplinas, incluyendo psicólogos, trabajadores sociales, educadores y juristas. La diversidad de este grupo permitió incorporar una amplia variedad de perspectivas y conocimientos, lo cual es esencial para abordar la complejidad de la concientización en torno a la protección de datos en esta población. La experiencia colectiva de los expertos facilitó un análisis profundo que tuvo en cuenta tanto el contexto social como las dinámicas individuales que influyen en el comportamiento de los niños, niñas y adolescentes en Ecuador. A partir del consenso de expertos se pudo llegar a las siguientes conclusiones descritas en la tabla 3.

Tabla 3: Identificación de los criterios evaluativos.

Nodo	Criterios	Descripción
C_1	Conocimiento sobre derechos digitales	Evaluar el nivel de conocimiento que tienen los niños, niñas y adolescentes sobre sus derechos en el entorno digital, incluyendo el derecho a la privacidad y la protección de sus datos personales.
C_2	Reconocimiento de riesgos asociados al uso de datos	Medir la capacidad de los niños, niñas y adolescentes para identificar y comprender los riesgos potenciales relacionados con la divulgación de su información personal en internet, como el ciberacoso o el robo de identidad.
C_3	Prácticas de protección de datos personales	Observar las acciones concretas que llevan a cabo los niños, niñas y adolescentes para proteger sus datos, como la configuración de privacidad en redes sociales o el uso de contraseñas seguras.
C_4	Influencia de padres y educadores	Analizar la percepción de los niños, niñas y adolescentes sobre el apoyo y la orientación que reciben de sus padres y educadores en torno a la protección de datos y la seguridad en línea.
C_5	Participación en programas de sensibilización	Evaluar el grado de participación en programas educativos y actividades de sensibilización sobre la protección de datos personales, así como su impacto en la concientización.

Actividad 2 determinación de las relaciones causales:

La determinación de las relaciones causales entre los criterios se utiliza en la escala propuesta en la Tabla 1, donde participaron 5 expertos, se obtuvieron los 5 Mapas Cognitivos Neutrosóficos agregando las respuestas en un único resultado. La Tabla 4 muestra la matriz de adyacencia obtenida como resultado del proceso.

Tabla 4: Matriz de adyacencia resultante.

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	[0, 0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_2	[1,0,0]	[0, 0,0]	[1,0,0]	[0.8,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_3	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8,0,15,0.20]	[0, 0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C_4	[0.8,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0, 0,0]	[1,0,0]
C_5	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]

Actividad 3 identificaciones de los pesos atribuidos a los criterios:

Para la identificación de los pesos se tiene en cuenta la base de conocimiento almacenada en la matriz de

adyacencia de la Tabla 4, aplicando la función (1), se obtiene el comportamiento del peso atribuido a las manifestaciones. La Tabla 5 muestra los pesos resultantes.

Tabla 5: Peso atribuido a las incidencias.

ID	Criterios	Peso
C_1	Acceso a información educativa	[0.78,0.25,0.30]
C_2	Redes de apoyo familiar	[0.74,0.25,0.30]
C_3	Intervenciones comunitarias	[0.74,0.25,0.30]
C_4	Acceso a servicios de salud mental	[0.74,0.25,0.30]
C_5	Participación en actividades recreativas	[0.76,0.25,0.30]

Actividad 4 identificación de las manifestaciones:

A partir del análisis en los casos de concientización sobre la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador, se determinó el grado de preferencia que poseen los criterios mediante la autovaloración emitida. El estudio fue realizado en una alternativa. La Tabla 6 muestra los valores resultantes.

Tabla 6: Preferencia atribuida al caso objeto de estudio de concientización sobre la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador.

Adolescente	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	[0.50,0.50,0.50]	[0.8,0,15,0.20]	[0.50,0.50,0.50]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]

Actividad 5 generación de la evaluación:

A partir del proceso de simulación de escenario, se obtuvieron las predicciones de los comportamientos en el tiempo de los criterios mediante el empleo de la ecuación (2). La predicción modela las relaciones de causalidad de las manifestaciones y prevé la evolución de ellos en los casos analizados. La Figura 2 muestra el resultado de la simulación donde se muestran las manifestaciones y su evolución.

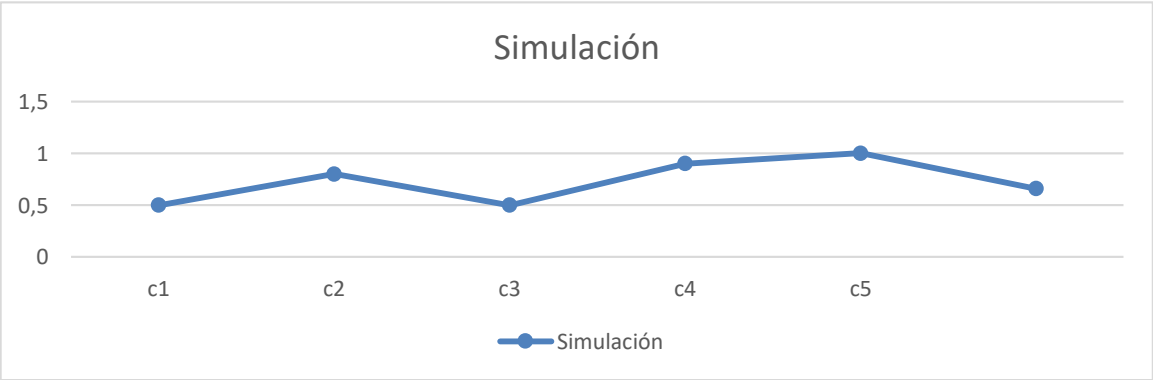


Figura 2: Resultado de la simulación de las manifestaciones.

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas y el desarrollo de las manifestaciones se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia para la evaluación en la concientización sobre la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador. La Tabla 7 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 7: Peso atribuido a las manifestaciones.

Adolescente A_1	Pesos	Preferencias	Agregación
C_1	[0.78,0.25,0.30]	[0.50,0.50,0.50]	[0.64,0.35,0.40]
C_2	[0.74,0.25,0.30]	[0.80, 0.5,0.25]	[0.77, 0.5,0.25]
C_3	[0.74,0.25,0.30]	[0.50,0.50,0.50]	[0.62, 0.1, 0.1]
C_4	[0.74,0.25,0.30]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.82, 0.5,0.25]
C_5	[0.76,0.25,0.30]	[1,0,0]	[0.88, 0.5,0.25]
Índice			[0.74, 0.5,0.25]

El índice obtenido, al ser establecido como I = 0.74, permite llevar a cabo una comparación que refleja una evaluación general sobre la concientización en torno a la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador. Este resultado sugiere que, en el contexto analizado, existe un nivel medio de conocimiento y sensibilidad hacia este importante tema.

Argumentación

1. **Interpretación del Índice**: Un índice de 0.74 indica que aunque hay un reconocimiento significativo sobre la importancia de la protección de datos, todavía hay un margen considerable de mejora. En una escala que podría llegar hasta 1.0, este valor demarca un estado donde una parte de la población probablemente comprende los riesgos y las responsabilidades asociadas, pero no todos necesariamente toman medidas adecuadas para proteger esos datos.
2. **Implicaciones para la Educación**: La evaluación media sugiere que hay un potencial considerable para aumentar la conciencia y el conocimiento. Esto presenta una oportunidad para que las instituciones educativas y organizaciones de protección de la niñez implementen programas de concientización que aborden específicamente la protección de datos en un contexto accesible y comprensible para niños, niñas y adolescentes.
3. **Necesidad de Acción**: El hecho de que el índice no sea más alto destaca la relevancia de realizar un trabajo continuo y sostenido en el ámbito de la protección de datos. Implica que son necesarias iniciativas por parte del gobierno, la sociedad civil y las comunidades para fortalecer la educación y la implementación de políticas efectivas que protejan a los menores en el entorno digital.
4. **Contexto Cultural y Social**: Este resultado también puede reflejar factores culturales y sociales que influyen en la percepción de la privacidad y la seguridad de la información en Ecuador. Es crucial realizar un análisis más profundo sobre cómo estos factores impactan la receptividad de los mensajes de protección de datos.

En conclusión, el índice I=0.74 revela un estado intermedio en la concientización sobre la protección de datos, sugiriendo que, si bien se han logrado avances, aún queda mucho por hacer para mejorar la educación y la práctica en este ámbito crucial para la seguridad de los menores en el país.

4 Análisis de los resultados

Marco Legal

El análisis de la Constitución y de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPDP) revela que Ecuador dispone de un marco legal sólido para la protección de datos personales, que incluye disposiciones específicas para niños, niñas y adolescentes. La Constitución garantiza derechos fundamentales relacionados con la protección de datos, mientras que la LOPDP establece principios y procedimientos claros para el tratamiento de datos de menores, incluyendo la necesidad de obtener el consentimiento informado de sus representantes legales.

Según el artículo 66, numeral 19 de la Constitución de la República del Ecuador (2008) [1], se garantiza el derecho a la protección de datos personales, que incluye el acceso y la rectificación de información que pueda afectar los derechos de los ciudadanos.

El artículo 77, que aborda las garantías del debido proceso, asegura que todas las personas tienen el derecho a conocer, actualizar y rectificar la información que se recolecte sobre ellas en bases de datos o archivos de entidades, tanto públicas como privadas.

En línea con la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales [2], el artículo 1 establece el objetivo y ámbito de aplicación de la ley, que es garantizar y proteger el derecho fundamental de las personas a la protección de sus datos personales, con un enfoque especial en el tratamiento de datos de niños y adolescentes.

El artículo 6 de la LOPDP define los principios del tratamiento de datos personales, que incluyen la licitud, lealtad y transparencia; la limitación de la finalidad; minimización de datos; exactitud; limitación del plazo de conservación; integridad y confidencialidad; y responsabilidad proactiva.

Respecto al consentimiento, el artículo 8 establece que para el tratamiento de datos personales de menores de edad es obligatorio obtener el consentimiento expreso de sus padres o tutores legales, asegurando que estos comprendan las implicaciones del tratamiento de dicha información.

El artículo 20 enumera los derechos de los titulares de datos, que incluyen el acceso, la rectificación, la supresión, la oposición y la portabilidad de los datos personales, derechos que también son aplicables a los datos de menores de edad.

El artículo 28 exige a los responsables del tratamiento de datos implementar medidas técnicas y organizativas adecuadas para garantizar la seguridad de los datos personales y prevenir su tratamiento no autorizado o ilícito. Este conjunto de normas proporciona una base legal integral que busca salvaguardar la privacidad y la protección de datos de los menores en Ecuador.

Concientización y educación

El análisis de diversos informes revela que la implementación de programas educativos y campañas de concientización ha tenido un impacto positivo en el conocimiento y la actitud de los menores y sus tutores en relación

con la protección de datos. Por ejemplo, el Informe de UNICEF sobre la seguridad en línea de los niños y adolescentes en América Latina (2021)[27] destaca la relevancia de la educación digital como herramienta para proteger a los menores en el entorno virtual. Asimismo, el Estudio de la UNESCO sobre educación para la ciudadanía digital evalúa estrategias educativas efectivas para incrementar la concientización sobre la privacidad de datos.

Además, se han revisado campañas educativas implementadas en el país, las cuales han sido efectivas en aumentar la conciencia sobre la protección de datos personales. Las escuelas que han incorporado la enseñanza sobre privacidad de datos en sus currículos han observado una mayor comprensión y prácticas más seguras entre sus estudiantes. Las campañas en redes sociales y medios digitales también han demostrado ser efectivas para alcanzar a un público amplio, utilizando contenido atractivo y accesible.

Sin embargo, se han identificado desafíos, como la falta de recursos y la necesidad de actualización constante debido a la rápida evolución tecnológica [28]. Estos factores subrayan la importancia de seguir fortaleciendo los esfuerzos educativos en este ámbito para garantizar una protección efectiva de los datos personales de los menores.

Estudio del Derecho Comparado

Es fundamental analizar las legislaciones de otros países en relación con la protección de los datos personales de niños, niñas y adolescentes, como es el caso de las legislaciones de Brasil, Perú y Paraguay. Aunque las tres normativas evidencian un compromiso común hacia la protección de datos personales, especialmente para este grupo vulnerable, existen diferencias notorias en la claridad y enfoque de sus disposiciones. La legislación brasileña es exhaustiva pero presenta ambigüedades en ciertos aspectos, la paraguaya es clara y sancionadora, y la peruana está detallada aunque necesita mayor inclusión de todas las categorías de menores. En última instancia, todas buscan salvaguardar los derechos de los menores en el contexto del tratamiento de sus datos personales.

Legislación Brasileña

La Ley General de Protección de Datos Personales (2018) de Brasil aborda de manera integral la protección de datos personales y proporciona definiciones clave [29]. El artículo 3 establece su ámbito de aplicación, señalando que incluye el procesamiento de datos de personas dentro del territorio brasileño, independientemente de la ubicación del procesador de datos, así como la gestión de datos recolectados en Brasil.

El artículo 5, numeral 1 define los datos personales como información relacionada con una persona natural identificada o identificable. Al mismo tiempo, los datos sensibles, que requieren un tratamiento más riguroso, abarcan información sobre el origen racial, creencias, opiniones políticas, salud y datos biométricos, entre otros. La ley también refiere definiciones esenciales sobre procesamiento, consentimiento, bases de datos, responsables y encargados del tratamiento.

Un aspecto notable es que la ley incluye un apartado específico para el tratamiento de datos de niños, niñas y adolescentes, aunque su redacción ha suscitado cuestionamientos debido a la inseguridad que genera en los agentes de tratamiento. Según lo que establece el numeral 1 del artículo 14, el procesamiento de datos de menores debe realizarse con el consentimiento expreso de al menos uno de los padres o tutores legales, respetando el principio del interés superior del menor. Sin embargo, se ha señalado que este numeral solo se refiere a los niños, omitiendo a los adolescentes, lo que genera incertidumbre sobre si se requiere el mismo consentimiento para esta categoría.

Esto contrasta con la legislación ecuatoriana, que abarca a niños, niñas y adolescentes de manera equitativa, a diferencia de la brasileña que los clasifica en categorías distintas.

Legislación Paraguaya

La Ley Nº 1682 de Paraguay, vigente desde el 16 de enero de 2001, regula la información privada y consta de 12 artículos donde se abordan temas sobre datos personales, datos sensibles e información pública. El artículo 1 declara que toda persona tiene derecho a recolectar, almacenar y procesar datos personales para fines estrictamente privados.

El artículo 2 señala que las fuentes públicas son accesibles para todos, mientras que el artículo 4 prohíbe la publicidad o difusión de datos sensibles de personas identificadas o identificables. Según el artículo 8, cualquier persona tiene derecho a acceder a la información que exista sobre ella, sus tutores o sus bienes en registros oficiales y conocer el uso y finalidad de esos datos.

Con respecto a la protección de datos personales de menores, la ley subraya que niños, niñas y adolescentes son particularmente vulnerables a la divulgación de su información. Por ello, cualquier difusión de ciertos datos debe contar con la autorización de los padres o representantes legales del menor. El artículo 29 del Código de la Niñez y Adolescencia (2001) [30-32-33] prohíbe la publicación de nombres, fotografías o datos que permitan identificar a un menor, ya sea como víctima o presunto autor de hechos delictivos, y establece sanciones para quienes infrinjan esta normativa.

La legislación paraguaya pone un énfasis considerable en la protección de los datos de los menores, estableciendo que cualquier divulgación de información puede conllevar consecuencias penales, lo cual es comparable a la normativa ecuatoriana, aunque en Paraguay no se especifican los tipos de datos sujetos a sanciones por su difusión.

Legislación Peruana

La Ley Nº 29733, conocida como la Ley de Protección de Datos Personales de Perú, cuenta con 133 artículos que garantizan el derecho fundamental a la protección de datos personales, según lo dispuesto en el artículo 2,

numeral 6 de la Constitución Política del Perú. Esta ley incluye definiciones clave sobre datos personales y datos sensibles, así como el alcance del tratamiento de dichos datos y los derechos de los titulares, los cuales abarcan el derecho de acceso, actualización, rectificación, oposición y compensación.

5 Discusión

En el presente trabajo de investigación se observa un proceso deductivo claro a medida que se exponen los resultados relacionados con la protección de datos personales de niños, niñas y adolescentes en la era digital. Este tema es de crucial relevancia en el contexto actual, caracterizado por el creciente acceso a internet y dispositivos tecnológicos. La investigación se centra en el marco legal ecuatoriano, especialmente en la Ley General de Protección de Datos Personales [31] y pone de manifiesto la necesidad de concientización tanto en los menores como en sus cuidadores. La propuesta de un enfoque multidimensional enfatiza la importancia de una colaboración integral para garantizar un entorno digital seguro en Ecuador. Tanto la Constitución de la República del Ecuador[1] como la LOPDP [31] conforman una base sólida para la protección de datos, incluyendo disposiciones específicas para los menores. Sin embargo, la implementación efectiva de estas leyes se enfrenta a retos significativos, especialmente en lo que respecta a la concientización y educación, así como a la rápida evolución de las tecnologías, que frecuentemente supera la capacidad de respuesta de la regulación, dificultando la adecuada protección de los datos personales de los menores.

La ejecución de programas educativos y campañas de concientización ha demostrado producir resultados positivos. Investigaciones de organizaciones como UNICEF y UNESCO resaltan la importancia de la educación digital en la protección de los menores. Integrar la educación sobre privacidad de datos en el currículo escolar y utilizar campañas en redes sociales se han perfilado como estrategias efectivas; no obstante, enfrentan desafíos relacionados con la falta de recursos y la necesidad de actualizaciones constantes.

El análisis comparativo con las legislaciones de Brasil, Paraguay y Perú pone de manifiesto tanto diferencias como similitudes en la protección de datos de menores. En Brasil, la Ley General de Protección de Datos (LGPD) incluye disposiciones específicas para el tratamiento de datos de menores, aunque presenta incertidumbres en cuanto a la autorización necesaria para los adolescentes. La legislación paraguaya destaca la protección de datos personales y establece sanciones penales para la difusión indebida de información de menores, pero no especifica claramente los tipos de datos sujetos a tales sanciones. En Perú, la Ley de Protección de Datos Personales reconoce los derechos de los menores a través de sus representantes legales, aunque es menos detallada en comparación con la legislación ecuatoriana.

Si bien Ecuador cuenta con un marco legal robusto para la protección de datos personales, la efectividad de estas leyes depende en gran medida de una adecuada implementación y de la concientización pública. Es igualmente fundamental considerar la educación y la cooperación interinstitucional, ya que son esenciales para enfrentar los desafíos actuales y garantizar la protección de los datos de los menores en el entorno digital. El enfoque multidimensional propuesto involucra al Estado, instituciones educativas, empresas tecnológicas y a la sociedad civil, donde la colaboración entre estos actores resulta crucial para desarrollar estrategias efectivas que aseguraren un entorno digital seguro.

La protección de los datos personales de niños y adolescentes es vital en la era digital, no solo por los riesgos asociados a la privacidad, sino también por las implicaciones a largo plazo en su bienestar y desarrollo. Es imperativo que gobiernos, instituciones y la sociedad trabajen de manera conjunta para crear un entorno seguro y educar a los jóvenes sobre la importancia de la privacidad y la protección de sus datos personales.

6 Conclusión

A partir del desarrollo de la investigación propuesta, se obtuvo un método para la evaluación en la concientización sobre la protección de datos de niños, niñas y adolescentes en Ecuador, basado en un enfoque multicriterio multiexperto. La protección de datos personales en Ecuador, especialmente en lo que respecta a niños y adolescentes, enfrenta desafíos significativos que demandan un enfoque integral y colaborativo. A pesar de contar con un marco legal respaldado por la Constitución y la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPDP), persisten dificultades en la implementación efectiva y en la sensibilización del público sobre la importancia de la privacidad de datos para este grupo vulnerable.

Es fundamental desarrollar y promover políticas de privacidad que sean claras y transparentes, de modo que sean fácilmente comprensibles para los menores y sus tutores. Asimismo, la inversión continua en tecnologías avanzadas de protección de datos, como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, resulta esencial para anticipar y afrontar las amenazas emergentes en el entorno digital. La cooperación internacional también desempeña un papel clave en la armonización de normativas y en la respuesta coordinada a incidentes cibernéticos, dado el carácter global de las amenazas a la privacidad.

La educación y concientización constituyen pilares esenciales para fortalecer la protección de datos. La implementación de programas educativos integrados en el currículo escolar, así como campañas de concientización en redes sociales y otros medios, ha demostrado su eficacia en aumentar el conocimiento y fomentar prácticas seguras

entre los menores. Sin embargo, es importante abordar las disparidades en la aplicación de las leyes y la falta de recursos en algunas regiones para garantizar una protección equitativa y efectiva de los datos en todo el país.

Referencias

[1] A. C. Del Ecuador, "Constitución de la República del Ecuador," *Quito: Tribunal Constitucional del Ecuador. Registro oficial Nro,* vol. 449, pp. 79-93, 2008.

[2] E. J. del Estado, "Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales," 2021.

[3] C. O. I. Penal, "Código Orgánico Integral Penal," *Quito: Corporación de Estudios y Publicaciones, Legislación Conexa. Versión Profesional*, 2014.

[4] I. D. Fernández De Marcos, "Diccionario de protección de datos personales," *Estudios en derecho a la información*, no. 11, pp. 145-149, 2021.

[5] R. G. d. P. de Datos, "Agencia Española de Protección de Datos," *Boletín núm*, 2010.

[6] R. A. Española, "Diccionario panhispánico del español jurídico (DPEJ)[en línea]," *Recuperado el,* vol. 18, 2020.

[7] R. Sampieri, C. F. Collado., and P. B. lucio, "Metodología de la investigación," *México* vol. ISBN: 970-10-5753-8, 2006.

[8] C. Goodier, S. Austin, and R. Soetanto, "Causal mapping and scenario building with multiple organizations," *Futures,* vol. 42, no. 3, pp. 219-229, 2010.

[9] C. Strauch, U.-L. S. Sites, and W. Kriha, "NoSQL databases," *Lecture Notes, Stuttgart Media University,* vol. 20, 2011.

[10] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[11] B. KOSKO, "Fuzzy cognitive maps," *International Journal of Man-Machine Studies,* vol. 24, no. 1, pp. 65-75, 1986.

[12] J. Salmeron, "Augmented fuzzy cognitive maps for modeling LMS critical success factors," *Knowledge-Based Systems,* vol. 22 no. 4, pp. 275-278, 2009.

[13] M. Glykas, and P. Groumpos, "Fuzzy Cognitive Maps: Basic Theories and Their Application to Complex Systems Fuzzy Cognitive Maps " *Springer Berlin / Heidelberg.*, pp. 1-22, 2010.

[14] Gonzalo Nápoles, Elpiniki Papageorgiou, Rafael Bello, and K. Vanhoof, "Learning and convergence of fuzzy cognitive maps used in pattern recognition," *Neural Processing Letters,* vol. 45, no. 2, pp. 431-444, 2017.

[15] Gonzalo Nápoles, Maikel Leon Espinosa, Isel Grau, Koen Vanhoof, and R. Bello, *Fuzzy Cognitive Maps Based Models for Pattern Classification: Advances and Challenges*, p.^pp. 83-98, Soft Computing Based Optimization and Decision Models, 2018.

[16] A. Rodríguez, V. F. R. Castro, A. D. C. R. Gonzalez, N. A. C. Baque, and J. C. P. Tarragó, "Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en técnicas de minería de procesos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 7, pp. 136-155, 2021.

[17] A. Rodríguez, A. D. C. R. Gonzalez, J. C. P. Tarragó, and D. L. D. Gálvez, "Implementación de algoritmos de Inteligencia Artificial en la predicción de nuevos conocimientos mediante enseñanza constructivista," *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 3, pp. 131-141, 2021.

[18] A. Rodríguez, H. B. D. Lucas, C. J. Á. Mero, R. J. L. Pisco, and F. I. G. Castro, "Método computacional de recomendación sobre la evaluación del aprendizaje bajo el paradigma constructivista," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 15, no. 1, pp. 178-187, 2022.

[19] A. Rodríguez, J. C. P. Tarragó, D. L. D. Gálvez, and R. L. Pisco, "Modelo de formación constructivista en el proceso Enseñanza-Aprendizaje virtual," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 13, no. 11, pp. 175-184, 2020.

[20] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[21] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[22] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[23] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[24] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[25] Author ed.^eds., "Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications," *Secaucus, NJ, USA*: Springer Verlag, 2010, p.^pp. Pages.

[26] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.

[27] G. Guerrero, "Midiendo el impacto de la Covid-19 en los niños y niñas menores de seis años en América Latina," 2021.

[28] F. Campoverde Merchán, and N. Campoverde Arévalo, "La tasa de Mortalidad General del Ecuador del INEC subestima erróneamente al Cáncer," *Oncología (Guayaquil)*, pp. 178-191, 2020.

[29] E. L. Peters, and A. Milanski, "El nuevo marco de protección de los ciberdatos personales en Brasil como derechos humanos," *Artificial intelligence and human rights*, pp. 143-154, 2021.

[30] P. D. Balsera, and L. M. N. Garmendia, "La protección de la infancia en situaciones de riesgo en América Latina a través de los códigos de la niñez," *Pedagogía social: revista interuniversitaria*, no. 19, pp. 99-112, 2012.

[31] C. A. Arellano López, "El derecho de protección de datos personales," *Biolex,* vol. 12, no. 23, pp. 163-174, 2020.

[32] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[33] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[34] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[35] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[36] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[37] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[38] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 23, 2025. Aceptado: marzo 13, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la contaminación hídrica en Ambato

Neutrosophic multicriteria method for the evaluation of water contamination in Ambato

Álvaro Mauricio Paredes Vayas [1], Stefania Raimondi Romero [2], Kevin Jeanpierre Suarez Monotoa [3], and Iruma Alfonso González [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. alvaropv72@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. stefaniarr66@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. kevinsm25@uniandes.edu.ec
[4]Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.irumaalfonso@uniandes.edu.ec

Resumen. La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la contaminación hídrica en Ambato, una problemática de salud pública y ambiental que impacta a todos los continentes. La contaminación del agua genera serios problemas de salud para los seres humanos, convirtiendo el agua en una fuente no apta para satisfacer las necesidades diarias. Esta situación ha generado preocupación y ansiedad en la población, dado que el acceso a agua potable es fundamental para la supervivencia humana. En Ambato, la contaminación del agua ha contribuido a la aparición de problemas graves, como la mortalidad infantil y enfermedades prevenibles, poniendo en riesgo los derechos a una vida digna, tal como se establece en el Art. 66, numeral 2 de la Constitución de la República del Ecuador. El uso de un enfoque multicriterio neutrosófico permitirá una evaluación más completa y efectiva de esta problemática, considerando diversos factores que afectan la calidad del agua y brindando así una herramienta para la toma de decisiones informadas en la gestión de recursos hídricos. La implementación de este método busca no solo identificar y analizar los niveles de contaminación, sino también contribuir a la protección del derecho al agua y a la salud de la población ecuatoriana.

Palabras Claves: Método multicriterio neutrosófico, agua, contaminación, mortandad y estado.

Abstract. This research aims to develop a neutrosophic multicriteria method for assessing water pollution in Ambato, a public and environmental health issue that impacts all continents. Water pollution generates serious health problems for humans, making water an unsuitable source for meeting daily needs. This situation has generated concern and anxiety among the population, given that access to drinking water is fundamental for human survival. In Ambato, water pollution has contributed to the emergence of serious problems, such as infant mortality and preventable diseases, jeopardizing the right to a dignified life, as established in Article 66, paragraph 2 of the Constitution of the Republic of Ecuador. The use of a neutrosophic multicriteria approach will allow a more complete and effective assessment of this problem, considering various factors that affect water quality and thus providing a tool for informed decision-making in water resource management. The implementation of this method seeks not only to identify and analyze pollution levels, but also to contribute to the protection of the right to water and the health of the Ecuadorian population.

Keywords: Neutrosophic multicriteria method, water, pollution, mortality, and state

1 Introducción

La contaminación del agua es un problema público y ambiental que impacta a muchas comunidades a nivel global. La contaminación, según [1] es definida como "cualquier cambio en la calidad química, física o biológica del agua que perjudique a los seres vivos que la consumen." Los seres humanos que beben agua contaminada frecuentemente experimentan problemas de salud. La contaminación del agua puede causar que sea inapropiada para su uso habitual, por ejemplo, en el aseo, al momento de tomar una ducha, esta agua, podría causar daños a la

dermis o al lavarse la cavidad bucal, podría generar daños a la dentadura debido a algún agente químico que se ha introducido en el agua [2].

El principal recurso natural de la humanidad ha hecho que la gente se sienta ansiosa y agitada ante la idea de perder para siempre un medio de supervivencia tan invaluable, pues, sin agua es imposible la supervivencia del ser humano [3]. Así, se han observado problemas graves para la población, como la mortandad infantil y los problemas de salud pública. Sin duda, en la sociedad existen una serie de problemas relacionados con el uso del agua, pero la más importante es la contaminación de esta [4].

Un saneamiento inadecuado y el agua contaminada pueden contribuir a la propagación de enfermedades como la poliomielitis, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y el cólera. En caso de que existan servicios de agua y saneamiento inadecuados, mal administrados o que no existan, la población corre el riesgo de padecer problemas de salud que en realidad son prevenibles [5]. Esta prevención podría ser lograda, en particular, en los establecimientos de salud que ofrecen servicios de agua, saneamiento e higiene, donde el riesgo de infecciones y enfermedades disminuya [6].

En Latinoamérica, la deplorable prestación de servicios de calidad de agua potable son un hecho. El consumo humano de agua es una gran necesidad entre la población, especialmente en las zonas rurales. Sin embargo, incluso cuando se invierten grandes sumas de dinero para mejorar estos servicios, no se garantiza una buena calidad, además, en algunos casos en el que se diseñan soluciones, ni siquiera son capaces de satisfacer las necesidades o circunstancias que requiere la población [7].

El rápido y catastrófico crecimiento urbano en Ecuador ha provocado la expansión de áreas marginales y la libre disposición de aguas servidas, lo que se ha convertido en el centro de infección debido al uso de esta agua no apta. En términos de la legislación ecuatoriana, los GAD's tienen la competencia de limpiar las aguas residuales y brindar a la sociedad el servicio de agua potable y alcantarillado. Pero, de los 215 municipios del país, solamente el 62% tratan el agua residual, mientras que en los otros no realizan ningún tipo de tratamiento [8].

En la ciudad de Ambato, en algunas zonas parroquiales de la zona norte, incluida Izamba, las aguas servidas tratadas son inadecuadas. En la provincia de Tungurahua, esto ha venido siendo un problema de largo tiempo que ha causado efectos negativos en la salud, llegando incluso a la muerte, pues al consumir productos de cosechas cultivadas con aguas servidas no tratadas, ingieren químicos como plomo y cadmio, que son metales pesados y tóxicos para la salud humana [9].

La importancia de este trabajo proviene de la necesidad de lidiar con el problema crítico de la polución del agua en Ecuador, en particular en la ciudad de Ambato, pues en la actualidad, la contaminación del agua vulnera varios derechos, que son responsabilidad del Estado proteger, por ejemplo, el derecho a la salud, el derecho al agua potable y el derecho al saneamiento ambiental, entre todos conforman un solo derecho, el derecho a una vida digna [10].

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la contaminación hídrica en Ambato, una problemática de salud pública y ambiental que impacta a todos los continentes.

2 Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la contaminación hídrica en Ambato

La toma de decisiones es un proceso de selección entre cursos de alternativas, basado en un conjunto de criterios, para alcanzar uno o más objetivos [11-27]. Con respecto al concepto toma de decisiones, Schein, lo definió como el proceso de identificación de un problema u oportunidad y la selección de una alternativa de acción entre varias existentes, es una actividad diligente clave en todo tipo de organización [12-28].

Un proceso de toma de decisiones donde varían los objetos o decisiones, es considerado como un problema de toma de decisiones multicriterio [13-29-30]. La evaluación multicriterio constituye una optimización con varias funciones objetivo simultaneas y un agente decisor. La ecuación 1 formaliza el problema planteado.

$$Max = F(x), x \in X \tag{1}$$

Donde:

x: es un vector $[x_1, , x_n]$ de las variables de decisión.

X: es la denominada región factible. Representa el dominio de valores posible que puede tomar la variable.

F(x): es un vector $[F_1 x, , F_n x]$ de las P funciones objetivos que recogen los criterios.

Max: representa la función a maximizar, esta no es restrictiva.

Específicamente los problemas multicriterio discretos constan básicamente de dos tipos de datos que constituyen el punto de partida para diferentes Problemas de Toma de Decisiones Multicriterio Discreto (DMD). El método propuesto en la presente investigación está diseñado para evaluar la contaminación hídrica en Ambato, Ecuador. Basa su funcionamiento a partir de técnicas multicriterio multiexperto, y utiliza en su inferencia el método multicriterio Ponderación Lineal Neutrosófica. La Figura 1 muestra la estructura general del método propuesto:

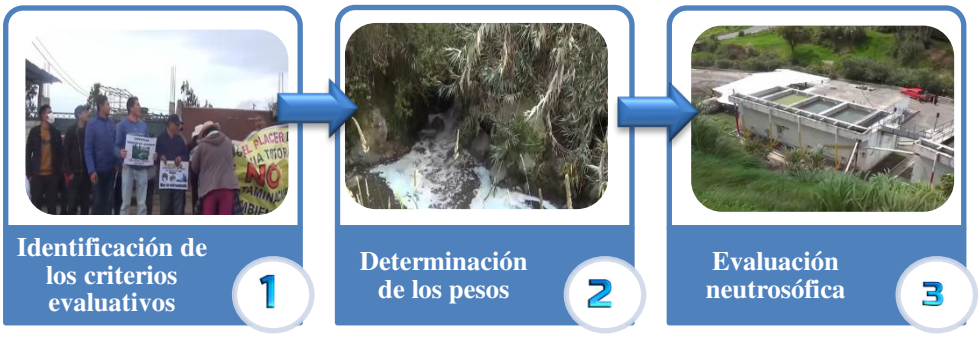


Figura 1. Estructura del Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la contaminación hídrica en Ambato.

El método está diseñado mediante una estructura de tres etapas que en su conjunto determinan la evaluación de indicadores.

Etapa 1: Identificación de los criterios evaluativos

Representa el conjunto de criterios para la evaluación de la contaminación hídrica en Ambato. Constituye un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\}$, n ≥ 2, criterios para la evaluación de la contaminación hídrica en Ambato.

Etapa 2: Determinación de los pesos

Para la determinación de los pesos asociados a los criterios se utiliza un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\}$, $m \geq 2$, donde E, representa los expertos que intervienen en el proceso.

Etapa 3: Evaluación neutrosófica de los criterios sobre la contaminación hídrica en Ambato

La etapa de evaluación representa el procesamiento del método para emitir el resultado de la inferencia propuesta. Se procesan los datos empleando el método de la ponderación lineal mediante (ecuación 4). Como resultado se evalúa el impacto de la contaminación hídrica en Ambato.

Para la resolución de problemas de toma de decisiones, diversos han sido los métodos multicriterios propuestos. Cuando se desea emitir una ponderación para una determinada alternativa, los métodos de ordenamiento y agregación representan una forma viable para su aplicación. Dentro de los métodos multicriterio clásicos se encuentra la ponderación lineal. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 2:

$$R_i = \sum_j W_j r_{ij} \tag{2}$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto m de alternativas y n criterios [14-16-31]. Para cada criterio j el decisor estima cada alternativa i. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio. Se asigna un peso $W_j(j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j.

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [17]. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [17, 18, 32, 33]. Un número neutrosófico (N) se representa de la siguiente forma [19, 20]:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$, una valuación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene:

$$v(p) = (T, I, F) \tag{3}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 4.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)}\, r_{ij(T,I,F)} \tag{4}$$

Donde:

- $R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- $W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_j$ asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- $r_{ij:}$ representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

3 Implementación del método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la contaminación hídrica en Ambato

Para la implementación del método propuesto se realizó un estudio de caso en el que se analizó el comportamiento de los indicadores de contaminación hídrica en Ambato. Según los datos proporcionados por el GAD Municipalidad de Ambato, se identificaron varios elementos presentes en el agua de la ciudad que presentan niveles alarmantes en ciertos parámetros, particularmente en compuestos raros y metales pesados. Estos contaminantes son perjudiciales no solo para la salud humana, sino también para la vida acuática y la biodiversidad local. Por ejemplo, los resultados del análisis del mes de febrero de 2024 revelaron la presencia de metales como el plomo y el cromo VI, cuyas concentraciones pueden exceder los límites seguros establecidos por las normativas de salud pública. Además, parámetros como la DBO5 y la turbidez indican problemas significativos en la calidad del agua, insinuando una posible contaminación orgánica y sedimentación, que afectan negativamente el ecosistema hídrico.

El oxígeno disuelto, vital para la vida acuática, mostró niveles variables, con porcentajes que sugieren que algunas áreas podrían estar sufriendo hipoxia, lo que afecta la supervivencia de peces y otros organismos acuáticos. La presencia de E. coli también es un indicativo preocupante de la contaminación microbiológica, lo que incrementa el riesgo de enfermedades transmitidas por agua. A la luz de estos hallazgos, es evidente que la calidad del agua en Ambato está comprometida, lo que destaca la urgencia de aplicar el método multicriterio neutrosófico propuesto. Este enfoque sistemático no solo facilitará la identificación precisa de los contaminantes y sus fuentes, sino que también proporcionará una base sólida para la toma de decisiones y acciones correctivas que garanticen la protección de la salud pública y el medio ambiente en la región.

Los puntos de muestreo seleccionados para el análisis de la calidad del agua en la región incluyen diversas localizaciones a lo largo del río Ambato, abarcando áreas significativas como la formación del río en Manzan huaico, el sector de molinos Tilulum, y el sector Ficoa El Sueño. Además, se consideraron puntos en el sector El Socavón y Las Viñas, que se encuentra a 500 metros antes de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), así como la descarga de la PTAR situada 200 metros más abajo y el puente colgante en Las Viñas. La mayoría de estas aguas están destinadas a usos agrícolas o de riego, garantizando la producción de cultivos en la zona. Sin embargo, algunos puntos también se destinan a fines recreativos, como las aguas para contacto primario, que se encuentran en el humedal Picahua, así como las destinadas al contacto secundario. Asimismo, se incluyen los ríos Pachanlica y Culapachan, ubicados en los puentes de la vía a Pelileo y la vía a Pillaro, respectivamente, donde también se utilizan aguas de riego para la agricultura. La diversidad en los puntos de muestreo y sus respectivos usos subraya la importancia de evaluar la calidad del agua en relación con sus múltiples aplicaciones en la comunidad.

Etapa 1: Identificación de los criterios evaluativos.

Para la evaluación de la contaminación hídrica en Ambato, se reunió un panel interdisciplinario de expertos compuesto por profesionales con amplia experiencia en áreas relacionadas con la gestión del agua, ecología, salud pública y química ambiental. Este conjunto de especialistas incluye ingenieros ambientales, biólogos, químicos y profesionales de la salud pública, quienes aportan una perspectiva integral sobre la complejidad de la calidad del agua y sus implicaciones para la salud y el medio ambiente. Su formación diversa y su experiencia en la búsqueda de soluciones innovadoras para problemas de contaminación hídrica permiten establecer un marco de referencia sólido para identificar y evaluar los principales criterios que afectan el índice de contaminación en la región. Los cinco criterios evaluativos identificados por el panel de expertos son:

Tabla 1: Criterios para la evaluación de la contaminación hídrica en Ambato.

No.	Criterios
1	Presencia de contaminantes químicos: Este criterio evalúa la concentración de sustancias químicas nocivas, como metales pesados (plomo, cromo VI, entre otros) y compuestos orgánicos, que pueden afectar gravemente la calidad del agua y, por ende, la salud de las personas y ecosistemas.
2	Calidad microbiológica: Se refiere a la detección de microorganismos patógenos, como E. coli y otros coliformes, en el agua. Este parámetro es crítico para determinar el nivel de contaminación microbiológica y el riesgo asociado a la contaminación del agua para el consumo humano y actividades recreativas.
3	Parámetros físicos: Incluye la evaluación de características como turbidez, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto, que son indicadores relevantes de la salud del ecosistema acuático y de la potabilidad del agua.
4	Aspectos ecológicos: Este criterio considera el impacto de la contaminación en la biodiversidad acuática y los hábitats relacionados, evaluando cómo la contaminación afecta a las especies de flora y fauna que dependen del agua.
5	Usos del agua: Analiza cómo la contaminación afecta los distintos usos del agua en la región, incluyendo el riego agrícola, el uso recreativo y el consumo humano. Este criterio es fundamental para entender la implicancia social y económica de la calidad del agua en Ambato.

Etapa 2: Determinación de los pesos

Para la etapa de determinación de los pesos atribuidos a los criterios para la evaluación de la contaminación hídrica en Ambato, se realizó la consulta a 5 expertos que expresaron sus valoraciones sobre los criterios utilizados para la evaluación. Se obtuvieron las tablas valorativas las cuales fueron agregadas en una tabla resultante. La tabla 2 muestra el resultado de la valoración de los criterios una vez realizado el proceso de agregación.

Tabla 2: Peso atribuido a los criterios a partir de la consulta a expertos.

Criterios	Valoración del criterio $W_{(T,I,F)}$
C_1	[1,0.15,0.10]
C_2	[1,0.15,0.10]
C_3	[0.90,0.15,0.25]
C_4	[1,0.15,0.10]
C_5	[0.90,0.15,0.25]

Etapa 3: Evaluación neutrosófica sobre la contaminación hídrica en Ambato

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas objeto de análisis para la evaluación de la contaminación hídrica en Ambato, se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia de cada criterio. La Tabla 3 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 3: Procesamiento del sistema de toma de decisiones.

Criterio	Pesos $W_{(T,I,F)}$	Preferencias	$R_{i(T,I,F)}$
C_1	[1,0.15,0.10]	[1,0.15,0.10]	[1,0.15,0.10]
C_2	[1,0.15,0.10]	[1,0.15,0.10]	[1,0.15,0.10]
C_3	[0.90,0.15,0.25]	[0.90,0.15,0.25]	[0.90,0.15,0.25]
C_4	[1,0.15,0.10]	[1,0.10,0.15]	[1,0.15,0.10]
C_5	[0.90,0.15,0.25]	[0.90,0.15,0.25]	[0.90,0.15,0.25]
Índice			[0.96,0.25,0.25]

Para el caso de análisis se evidencia un índice de 0.96 lo que representa un índice alto para la evaluación de la contaminación hídrica en Ambato.

4 Discusión

La situación de la parroquia Totoras, ubicada al Sur de Ambato, refleja una grave crisis ambiental y de salud pública que ha sido denunciada por sus habitantes. Ante la proliferación de curtiembres y fábricas de jeans, los residentes han constatado un deterioro significativo de la calidad del agua, la cual, en tiempos pasados, era limpia y potable. Actualmente, la contaminación generada por los residuos químicos de estas industrias ha creado un

entorno insostenible, caracterizado por intensos malos olores y un impacto negativo en la salud de la población y en su trabajo agrícola [21]. Esta problemática ha llevado a los habitantes a solicitar la reubicación de las curtiembres a la zona industrial, tal como lo estipula el plan de gestión y uso del suelo, el cual, lamentablemente, ya ha vencido, evidenciando una falta de acción por parte de las autoridades [22].

La insistencia de los residentes en la reubicación de las curtiembres no solo se fundamenta en el deterioro de la calidad del agua, sino también en el derecho a vivir en un ambiente saludable, un principio que debería ser garantizado por el gobierno provincial [23]. Sin embargo, los conflictos entre los vecinos y los propietarios de las industrias son evidentes, ya que estos últimos argumentan cumplir con las normativas ambientales. Esta visión de cumplimiento normativo por parte de los industriales contrasta con la experiencia cotidiana de los habitantes de Totoras, quienes enfrentan una situación de deterioro ambiental tangible. La discrepancia entre las afirmaciones de los propietarios y la realidad de la población genera tensiones que obstaculizan una solución efectiva.

A pesar de la existencia de tres plantas de tratamiento de agua residual en la zona, su funcionamiento óptimo ha sido deficiente, lo que agrava la situación en lugar de mitigarla. La falta de eficacia en el tratamiento de las aguas residuales resalta la necesidad de una revisión exhaustiva y un fortalecimiento de la infraestructura existente, así como una supervisión más rigurosa de las industrias contaminantes. Además, resulta paradójico que las autoridades continúen otorgando licencias a nuevas fábricas en un entorno donde ya existe una crisis de contaminación. Este enfoque parece ignorar las preocupaciones de los aproximadamente 17,000 habitantes de Totoras, quienes exigen acciones urgentes y efectivas para mejorar la calidad del agua, restablecer su bienestar y proteger sus medios de subsistencia basados en la agricultura.

El clamor de los habitantes de Totoras por atención urgente pone de manifiesto la necesidad de una gestión ambiental más responsable y el cumplimiento de las normativas que protegen la salud pública y el medio ambiente. Es crucial que las autoridades escuchen a la comunidad y prioricen una respuesta adecuada a sus preocupaciones, no solo como un acto de justicia social, sino como un imperativo ético en la protección de la salud y la calidad de vida de los ciudadanos. La situación en Totoras es un llamado de atención que subraya la urgencia de revaluar las políticas industriales y ambientales en la región, teniendo en cuenta la voz de aquellos que se ven directamente afectados por la contaminación.

Recientes estudios han revelado que en varios cantones del Centro Sur de la Provincia de Manabí se han detectado compuestos biológicos en el agua, lo que representa un riesgo grave para la salud de los habitantes si este recurso llega a su consumo. La presencia de estos contaminantes es responsable de diversas enfermedades en las comunidades afectadas. Según [24], este fenómeno se puede atribuir a cambios morfológicos significativos en los espacios rurales, particularmente evidentes en el cantón Ambato, que han modificado no solo aspectos culturales, sino también sociales de la región. Esta situación resalta un preocupante desinterés tanto por parte del Estado como de la ciudadanía, quienes no han llevado a cabo acciones efectivas frente a estas vulneraciones. A pesar de que los mecanismos para actuar están disponibles, su falta de uso implica que los derechos reconocidos en la Constitución de la República del Ecuador no se materializan en la práctica.

Asimismo, las industrias textiles en Ambato contribuyen al problema de la contaminación, generando un porcentaje del 20% relacionado con el uso de productos químicos altamente tóxicos, como colorantes y aditivos textiles no biodegradables. Esto tiene un impacto considerable en el medio ambiente y en la salud de los trabajadores de estas fábricas. La propuesta de [9] sobre la implementación de plantas de tratamiento y purificación de aguas contaminadas resulta innovadora, ya que permitiría la reutilización de agua para el riego agrícola, lo que podría mejorar la calidad de vida de los habitantes y proporcionar una fuente renovable de recursos hídricos. Sin embargo, este proceso conlleva riesgos significativos, dado que el tratamiento de aguas contaminadas es un método complejo que requiere supervisión exhaustiva debido a los altos niveles de toxicidad de los compuestos involucrados.

Otro aspecto crucial a considerar es la gestión y distribución del agua, tema del que habla [25] al referirse a la crisis ambiental y climática que afectan a los ecosistemas globalmente. Analizando el sistema de riego en Tumbaco, [26] señala que no hay una distribución equitativa del agua, lo que se debe al estado de la infraestructura, que ha superado su vida útil y necesita ser reconstruida para ajustarse a las regulaciones actuales. Esta realidad deja en evidencia que el Estado no está cumpliendo con su deber de proteger los derechos de las personas, especialmente de aquellos que enfrentan problemas de contaminación o que viven cerca de fábricas que desprenden contaminantes tóxicos.

Ante este panorama, las medidas a implementar deberían incluir la reubicación de estas industrias a áreas no pobladas, buscando minimizar la perturbación de las comunidades afectadas y protegiendo su bienestar. Además, es imperativa la construcción de sistemas de purificación de agua, especialmente en los ríos donde las fábricas depositan sus residuos. Estas acciones no solo son necesarias para restaurar la calidad del agua, sino también para garantizar un futuro más saludable y sostenible para la población de Ambato y sus alrededores.

5 Conclusión

La implementación del Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación de la contaminación hídrica en Ambato ha revelado un índice de 0.96, lo cual señala un nivel elevado de contaminación en las fuentes de agua de

la región. Este resultado resalta la urgencia de abordar los problemas de contaminación hídrica, ya que la calidad del agua afecta directamente la salud de la población y la sustentabilidad de los ecosistemas locales.

El alto índice de contaminación evidenciado en el análisis pone de manifiesto la necesidad de desarrollar e implementar políticas adecuadas que garanticen la protección de los recursos hídricos y la salud pública. Es fundamental que las autoridades competentes tomen medidas efectivas para mitigar las fuentes de contaminación, especialmente aquellas relacionadas con la actividad industrial, y promuevan prácticas sostenibles que aseguren el acceso a agua potable de calidad para todos los habitantes de Ambato.

Además, se concluye que es imperativo fomentar la sensibilización y participación de la comunidad en la gestión del agua, así como la necesidad de inspecciones y monitoreos constantes de la calidad del agua en la región. La investigación también sugiere que la aplicación de este método puede ser una herramienta valiosa para futuras evaluaciones de la contaminación hídrica, facilitando la toma de decisiones informadas en la protección y gestión de los recursos acuáticos en Ambato. La implementación de esta metodología podría contribuir significativamente a la mejora de la calidad del agua y, en consecuencia, a la salud y bienestar de la población.

Referencias

[1] R. Guadarrama, J. Kido, G. Roldan, and M. Salas, "Contaminación del agua," *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales,* vol. 2, 2016.

[2] E. E. L. Baque, M. G. M. Cevallos, and B. A. C. Macías, "Agua limpia y saneamiento, un vistazo al cumplimiento del objetivo de desarrollo Sostenible 6 en Jipijapa," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 7, pp. 400-409, 2023.

[3] J. S. Espinoza-Vaca, J. G. Solis-Llerena, A. A. A. Muñoz, and J. V. F. Pinto, "Sostenibilidad y sustentabilidad agronómico y pecuario," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 7, no. 1, pp. 134-139, 2025.

[4] R. S. J. Marín, "Factores que Contribuyen a la Escasez del Agua en Etiopía y Somalia," *Saber, ciencia y libertad,* vol. 14, no. 2, pp. 63-74, 2019.

[5] M. J. C. Guailla, A. I. R. Basantes, E. G. O. Valencia, and L. M. J. Orna, "Calidad de agua embotellada de consumo humano en el Ecuador y su impacto en la salud de la población," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 5, pp. 187-193, 2024.

[6] Y. Liu, P. Wang, B. Gojenko, J. Yu, L. Wei, D. Luo, and T. Xiao, "A review of water pollution arising from agriculture and mining activities in Central Asia: Facts, causes and effects," *Environmental Pollution,* vol. 291, pp. 118209, 2021.

[7] M. G. Nogueira, G. Perbiche-Neves, D. de Oliveira Naliato, S. M. C. Casanova, J. R. Debastiani-Júnior, and E. G. Espíndola, "Limnology and water quality in La Plata basin (South America)–Spatial patterns and major stressors," *Ecological Indicators,* vol. 120, pp. 106968, 2021.

[8] A. G. Acosta Rivera, "Caracterización ecológica y composición de comunidades de macroinvertebrados en la cuenca del río Ambato provincia de Tungurahua para elaborar un plan de biomonitoreo y gestión de la calidad del agua," Quito: Universidad Tecnològica Indoamèrica, 2023.

[9] M. G. A. Miranda, "Incidencia de las aguas servidas afectando a los habitantes y productores, Parroquia Izamba-Ambato-Tungurahua," *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar,* vol. 7, no. 5, pp. 10663-10686, 2023.

[10] W. J. Núñez Chávez, "El derecho fundamental al agua dentro del marco del servicio público de agua potable en el Ecuador," Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, 2018.

[11] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.

[12] E. SCHEIN, "Process consultation," 1988.

[13] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[14] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[15] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[16] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[17] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[18] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[19] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[20] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[21] Z. Z. G. Nicole, T. I. V. Castro, A. N. Z. Hoppe, and V. A. J. Mora, "Infección por salmonella, complicaciones y resistencia antibiótica," *Revista Científica de Salud BIOSANA,* vol. 4, no. 2, pp. 223-236, 2024.

[22] C. X. P. de Aparicio, and J. C. L. Mendoza, "Impacto del desarrollo local en la salud comunitaria. Caso: sabanilla cantón Daule," *Revista Científica de Salud BIOSANA,* vol. 4, no. 4, pp. 20-29, 2024.

[23] A. N. Zavala-Hoppe, C. S. Olmedo-Vera, G. F. Saavedra-Peña, and K. R. Tamayo-Navarro, "Epidemiología y factores de riesgo de toxoplasmosis en los países de Latinoamérica," *Revista Científica de Salud BIOSANA,* vol. 4, no. 4, pp. 328-339, 2024.

[24] M. S. Grijalva, M. S. Salazar, and D. M. Godoy, "Transformaciones de los patrones de la vivienda rural y su impacto en el territorio. El caso de Ambato, Ecuador," *Eutopía: Revista de Desarrollo Económico Territorial*, no. 18, pp. 139-154, 2020.

[25] L. F. Villegas Bayas, "Dossier: Gestión del Agua y del Riego," *Siembra,* vol. 11, no. 1, 2024.

[26] R. S. Ortiz Calle, "Dinámica de la distribución del agua en el sistema de riego Tumbaco en Ecuador," *Siembra,* vol. 8, no. 2, 2021.

[27] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[28] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[29] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[30] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[31] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[32] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[33] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 23, 2025. Aceptado: marzo 13, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método para la evaluación sobre los derechos a la privacidad de datos de nuestras niñas, niños y adolescentes en Ecuador

Method for the evaluation of data privacy rights of our children and adolescents in Ecuador

Paulina del Rocío Borja Bautista[1], Pamela Sarai Chimbiligua Figueroa[2], Elian Emanuel Icaza Moran[3], and Mónica Alexandra Salame Ortíz[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. paulinadbb84@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. pamelacf88@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. elianeim06@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.monicasalame@uniandes.edu.ec

Resumen. El estudio del derecho fundamental a la protección de datos de niñas, niños y adolescentes en Ecuador se basa en una revisión de su marco constitucional y su evolución en la legislación del país. A partir de este análisis, se examinan diversos argumentos pertinentes al tema. En el marco de esta situación, la investigación propone desarrollar un método neutrosófico para la evaluación sobre los el derecho a la privacidad de datos de nuestras niñas, niños y adolescentes en Ecuador. Se obtiene como resultado una evaluación del derecho a la privacidad de los datos de niñas, niños y adolescentes en Ecuador, considerando la relación de este derecho fundamental con el resto del ordenamiento jurídico, así como los conflictos interpretativos que pueden surgir con otros derechos. Se toma en cuenta la realidad práctica de este derecho, su alcance y su influencia sobre derechos relacionados, como el derecho a la propia imagen. Se destaca el papel crucial que desempeña este derecho en sociedades donde la información personal y las políticas de seguridad ciudadana pueden impactar las libertades de los ciudadanos.

Palabras Claves: números neutrosóficos, protección de datos, menores, redes sociales, vulnerabilidad, privacidad, legislación, derechos humanos.

Abstract. The study of the fundamental right to data protection for children and adolescents in Ecuador is based on a review of its constitutional framework and its evolution in the country's legislation. Based on this analysis, various arguments relevant to the topic are examined. Within this framework, the research proposes developing a neutrosophic method for evaluating the right to data privacy of our children and adolescents in Ecuador. The result is an evaluation of the right to data privacy of children and adolescents in Ecuador, considering the relationship of this fundamental right with the rest of the legal system, as well as the interpretive conflicts that may arise with other rights. The practical reality of this right, its scope, and its influence on related rights, such as the right to one's own image, are taken into account. The crucial role this right plays in societies where personal information and citizen security policies can impact citizens' freedoms is highlighted.

Keywords: Neutrosophic numbers, data protection, minors, social networks, vulnerability, privacy, legislation, human rights.

1 Introducción

Las tecnologías de la información tienen un impacto significativo en la sociedad actual, en gran medida debido a la gran cantidad de datos que gestionan, muchos de los cuales son de naturaleza sensible. El manejo inadecuado de esta información puede acarrear graves consecuencias para la integridad de las personas. En particular, el uso irresponsable e incluso ilegal de estos datos puede comprometer no solo la seguridad física, sino también causar

daño moral y psicológico, afectando el bienestar emocional de los individuos.

La información de niñas, niños y adolescentes es especialmente vulnerable en este contexto, ya que los peligros presentes en las plataformas digitales ponen en riesgo sus derechos a la privacidad y protección. Datos personales, fotografías, ubicaciones y otros tipos de información son frecuentemente divulgados sin el debido respeto hacia estos derechos fundamentalmente importantes.

Es crucial que la legislación ecuatoriana adopte un enfoque proactivo en relación con la privacidad de los menores. Esto implica no solo asegurar la protección frente a la exposición no autorizada de datos personales, sino también implementar programas educativos para que niños y adolescentes comprendan sus derechos digitales [1].

El derecho a la privacidad, como señala Fuensanta, se refiere a la capacidad de una persona para mantener su información reservada, sin que sea expuesta sin su consentimiento. Además, como indica el tratadista Oscar Puccinelli en la Sentencia 001-14-PJO-CC de la Corte Constitucional del Ecuador, el derecho a la protección de datos, en particular su "autodeterminación informativa", es instrumental y está supeditado a la protección de otros derechos constitucionales que pueden verse comprometidos con el uso de datos personales, como la intimidad y la integridad psicológica.

La protección de datos personales de niños, niñas y adolescentes representa un desafío constante en la era digital, donde su privacidad puede ser vulnerada con facilidad. Por lo tanto, es imperativo que las normativas ecuatorianas continúen evolucionando para asegurar una protección efectiva [2].

Aunque cada persona ejerce su derecho a la privacidad, en el caso de niñas, niños y adolescentes, este derecho también debe ser salvaguardado por sus padres. Esto es especialmente relevante para los niños más pequeños que aún no comprenden completamente la complejidad de las tecnologías de la información.

El derecho a la propia imagen, que permite a su titular decidir sobre la reproducción de su imagen y el uso que se le dará, es otro aspecto crucial en la protección de los derechos de los menores [3]. En este panorama, es fundamental asegurar que tanto legisladores como padres estén atentos a las necesidades de protección y educación en el uso de estas tecnologías, garantizando así un entorno seguro para las generaciones más jóvenes.

En Ecuador, la legislación relacionada con la protección de datos personales es limitada. Se encuentra principalmente en la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Registro de Datos Públicos [4], que regula el registro de datos; la Ley Orgánica de Garantías Jurisdiccionales y Control Constitucional [5], que permite acciones judiciales para rectificar o modificar datos; y el Código Orgánico Integral Penal [6], que establece sanciones por la interceptación y difusión no autorizada de datos. Además, el artículo 66, numerales 19 y 20, de la Constitución de la República del Ecuador (2008) [7] garantiza el pleno ejercicio del derecho a la protección de datos personales, en consonancia con el derecho a la intimidad.

De manera clara, la Constitución ecuatoriana reconoce el derecho a la privacidad, denominado como derecho a la intimidad, así como los derechos asociados, como el derecho a la imagen propia y la protección de datos de carácter personal, garantizados para todas las personas, incluidos niños, niñas y adolescentes.

Por otro lado, la Ley Orgánica de la Gestión de la Identidad y Datos Civiles establece que su objetivo es "proteger la identidad de las personas y regular hechos y actos relativos al estado civil" (Ley Orgánica de la Gestión de la Identidad y Datos Civiles, 2016, art. 1). En su Artículo 2, incisos 4 y 6, se especifica:

Proteger la confidencialidad de la información personal.

Proteger la información almacenada en archivos y bases de datos sobre el estado civil de las personas. (Ley Orgánica de la Gestión de la Identidad y Datos Civiles, 2016, art. 2).

Además, existen convenios y tratados internacionales que garantizan la protección de datos y de las personas, aplicables en Ecuador. Uno de ellos es el Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos de la ONU, que en su Artículo 17 establece que nadie será objeto de injerencias arbitrarias o ilegales en su vida privada, y que toda persona tiene derecho a protegerse legalmente contra tales injerencias (Asamblea General de las Naciones Unidas), [8].

Asimismo, la Declaración Universal de los Derechos Humanos, en su Artículo 12, establece que nadie debe ser objeto de injerencias arbitrarias en su vida privada y que toda persona tiene derecho a la protección de la ley contra tales injerencias (Asamblea General de las Naciones Unidas, 1948, art. 12).

Por lo tanto, el principal objetivo de este marco legal es promover acciones que protejan la privacidad de los datos de niñas, niños y adolescentes en plataformas digitales. Es fundamental garantizar que solo las personas autorizadas tengan acceso a la información confidencial, incluido el contenido físico que puede estar desprotegido.

2 Materiales y métodos

A partir del análisis antes expuesto, es posible modelar el fenómeno recomendación sobre el derecho a la privacidad de datos de nuestras niñas, niños y adolescentes en Ecuador como un problema de toma de decisión multicriterio [9]. Formalmente se representa como:

- Un conjunto de alternativas que representan los casos de violación de privacidad derecho a la privacidad de datos de nuestras niñas, niños y adolescentes en Ecuador objeto de análisis $A = \{A_1, \dots A_n\},\ n \geq 2$ que se encuentran caracterizados por:
- Un conjunto de criterios que caracterizan cada uno de los casos $C = \{C_1, \dots C_m\},\ m \geq 2$;

2.1 Métodos multicriterio para la evaluación sobre los el derecho a la privacidad de datos de nuestras niñas, niños y adolescentes en Ecuador

Los problemas de toma de decisiones pueden ser clasificados según las variables que intervienen en el proceso. Se pueden clasificar mediante un ambiente monocriterio o multicriterio. Para un ambiente monocriterio existe una sola variable que determina el comportamiento sobre el procesamiento de las alternativas, por lo tanto existe una implicación directa. Se cumple la condición que p→q, para todo valor que tome la variable objeto de estudio, el resultado implicará positiva o negativamente el valor del objetivo o alternativa [10-12-36].

Los operadores de agregación representan un método de inferencia en el que sus funciones matemáticas son utilizadas en los procesos de toma de decisiones [13, 14, 37] y combinan valores (x, y) en un dominio D y devuelven un valor único.

Dentro de los principales operadores para la agregación de información se encuentra la media aritmética y media ponderada [10-12], tal como se define a continuación:

Definición 1. Un operador WA tiene asociado un vector de pesos V, con $v_i \in [0,1]$ y $\sum_1^n v_i = 1$, expresado de la siguiente forma:

$$WA(a_1, .., a_n) = \sum_{i=1}^{n} v_i a_i \quad (1)$$

Donde v_i representa la importancia de la fuente a_i.

Un operador de agregación de información Media Ponderada Ordenada (OWA por sus siglas en Inglés), propuesto por [15] permite unificar los criterios clásicos de decisión de incertidumbre en una expresión.

2.2 Números Neutrosóficos de Valor Único

La neutrosofía consiste en la representación de la neutralidad, fue propuesta por Smarandache [16]. Representa las bases para una serie de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [17, 18, 38, 39]. La definición original de valor de verdad en la lógica neutrosófica es mostrado a continuación [19]:

Definición 2: Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0,1]\} cn$, una valuación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene:

$$v(p) = (T, I, F) \quad (2)$$

Con el propósito facilitar la aplicación práctica a problema de toma de decisiones y de la ingeniería se realizó la propuesta de los conjuntos Neutrosóficos de Valor Único (SVN) [20] los cuales permiten el empleo de variables lingüísticas [21] lo que aumenta la interpretabilidad en los modelos de recomendación y el empleo de la indeterminación [22, 23].

Sea X un universo de discurso. Un SVN sobre X es un objeto de la forma.

$$A = \{\langle x, u_A(x), r_A(x), v_A(x)\rangle : x \in X\} \quad (3)$$

Donde $u_A(x): X \rightarrow [0,1]$, $r_A(x), : X \rightarrow [0,1]$ y $v_A(x): X \rightarrow [0,1]$ con $0 \leq u_A(x) + r_A(x) + v_A(x) :\leq 3$ para todo $x \in X$. El intervalo $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$ denotan las membrecías a verdadero, indeterminado y falso de x en A, respectivamente. Por cuestiones de conveniencia un número SVN será expresado como $A = (a, b, c)$, donde a, b, $c \in [0,1]$, y $+ b + c \leq 3$

2. 3 Diseño del método propuesto

En la presente sección se describe el funcionamiento del método para la evaluación sobre los derecho a la privacidad de datos de nuestras niñas, niños y adolescentes en Ecuador. Se presentan las características generales que facilitan la comprensión de la propuesta.

El método neutrosófico está diseñado para gestionar el flujo de trabajo del proceso de inferencia en general, realiza tres subprocesos: entrada, procesamiento y salida de información. La Figura 1 muestra un esquema que ilustra el funcionamiento general del método.

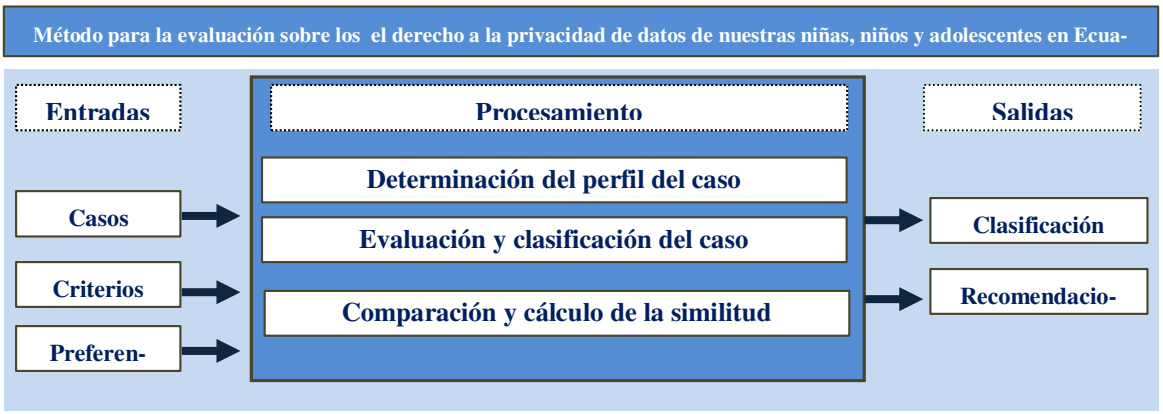


Figura 1: Esquema general del funcionamiento del método.

3 Descripción de las etapas del método

Etapa 1: Entrada de información

En esta primera etapa, se lleva a cabo la recopilación y entrada de datos necesarios para la toma de decisiones. Esta fase es fundamental, ya que los datos actúan como la base sobre la que se construyen todas las análisis posteriores. Es esencial asegurarse de que los datos sean precisos, relevantes y representativos del contexto en cuestión. Cuanto más rigurosa y exhaustiva sea la entrada de información, más fiable será el resultado en las etapas siguientes. Por tanto, realizar una entrada de información adecuada es vital para establecer un cimiento sólido en el proceso analítico.

Etapa 2: Procesamiento de información

La segunda etapa implica el procesamiento de la información, que se centra en la capacidad del método para ejecutar cálculos matemáticos a través de un enfoque de inferencia estructurado. Este procesamiento transforma los datos crudos en información organizada, adaptada a un objetivo específico. Este es el corazón del método, donde se logra extraer significado y patrones de los datos. La forma en que se procesan estos datos determinará la calidad de los análisis y, por ende, la efectividad de la toma de decisiones. Un procesamiento efectivo implica no solo realizar cálculos, sino también aplicar modelos adecuados que permitan interpretar y extrapolar significados a partir de la información presentada.

Etapa 3: Salida de información

La última etapa se enfoca en la salida de información, que representa los resultados finales del procesamiento realizado. Esta fase es crucial, ya que no solo presenta los datos procesados, sino que también permite evaluar cómo se comportan las diversas alternativas en función de las variables analizadas. La claridad y accesibilidad de la salida son fundamentales para que los tomadores de decisiones puedan entender las implicaciones de los resultados. Una representación precisa y comprensible facilita la interpretación y la aplicación de los hallazgos a situaciones del mundo real, asegurando que los resultados puedan traducirse en acciones concretas.3.2 Flujo de trabajo del método

El flujo de trabajo describe la interacción de las diferentes entidades que intervienen en el método, garantiza la representación de términos lingüísticos y la indeterminación mediante números SVN. El flujo de trabajo está compuesto por cuatro actividades: (i) Identificación de los criterios que caracterizan cada caso; (ii) Determinación del perfil del caso; (iii) Evaluación y clasificación del caso; (iv) Comparación y cálculo de la similitud. Una vez realizado este procesamiento, se generan las recomendaciones. Estas actividades soportan el proceso de toma de decisiones del método [18, 24, 25]. A continuación se describe cada una de ellas:

Identificación de los criterios: los criterios son el conjunto de características que describen el derecho a la privacidad de datos de nuestras niñas, niños y adolescentes en Ecuador en cada caso. Estos criterios representan la base de indicadores evaluativos sobre el cual se conforma el perfil del caso C_i.

Determinación del perfil del caso de los derecho a la privacidad de datos de nuestras niñas, niños y adolescentes en Ecuador: el perfil del caso se obtiene de forma directa mediante criterios de expertos.

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \quad (4)$$

Las valoraciones de las características del derecho a la privacidad de datos de nuestras niñas, niños y adolescentes en Ecuadora$_j$, serán expresadas utilizando la escala lingüística S, $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de términos lingüísticos definidos para evaluar la característica c_k utilizando los números SVN. La descripción de las características está asociada al conjunto de casos procesados que representan las alternativas del proceso

[26, 27].

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \quad (5)$$

Evaluación y clasificación: para la clasificación de los casos de evaluación del derecho a la privacidad de datos de nuestras niñas, niños y adolescentes en Ecuador, realizada mediante números SVN [28, 29], se tiene:

Definición 3: Sea $A^* = (A_1^*, A_2^*, .., A_n^*)$ un vector de números SVN, tal que:

$A_j^* = (a_j^*, b_j^*, c_j^*)$, j=(1,2, … , n),

$B_i = (B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im})$ (i = 1,2, … , m), sean m vectores de n SVN números.

tal que y $B_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$($i$ = 1,2, … , m), (j = 1,2, … , n) entonces la distancia euclidiana es definida como. Las B_i y A^* resulta [29]:

$$d_i = \left(\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}\left\{\left(|a_{ij}-a_j^*|\right)^2+\left(|b_{ij}-b_j^*|\right)^2+\left(|c_{ij}-c_j^*|\right)^2\right\}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

(i = 1,2, … , m)

A partir de esta distancia euclidiana se puede definir una medida de similitud [30-39-40], [31-41-42]. En la medida en que la alternativa se A_i se encuentra más semejante al perfil del caso (s_i) mejor será esta, permitiendo establecer un orden entre alternativas [32-34]. La obtención de las preferencias de las alternativas se hace a partir de la evaluación que se obtiene del comportamiento de los indicadores donde:

$$\boldsymbol{A}_i\left[F_{a_j}\right] = \left[Pre_y\right] \quad (10)$$

Para cada alternativa A que posee un perfil F_{a_j} se le hace corresponder un conjunto de preferencias Pre_y que una sobre el comportamiento del caso de violación del derecho a la privacidad de datos de nuestras niñas, niños y adolescentes en Ecuador, donde:

$\left[Pre_y\right]$: es el arreglo resultante como preferencia de las alternativas respecto a un conjunto de indicadores $Pre \in \mathbb{N}, [0,1]$. El valor de Pre_y.

Para el proceso de inferencia sobre la recomendación de la evaluación de derecho a la privacidad de datos de nuestras niñas, niños y adolescentes en Ecuador, se parte de:

$$\boldsymbol{A}_i = \left[Pre_y, W_z\right] \quad (11)$$

Donde:

Pre_y: representa el conjunto de preferencia sobre $\boldsymbol{A}_i$.

W_z : representa el vector de peso referido por $_z$.

El proceso de evaluación se realiza mediante el método multicriterio WA. El conjunto de recomendaciones están asociadas al resultado obtenido en la evaluación a partir del cual es calculada la similitud entre el perfil del caso objeto de análisis y los casos atendidos anteriormente, y que forman parte de la base de conocimientos. Este resultado es ordenado de acuerdo a la similitud obtenida. La mejor evaluación será aquella que mejor satisfaga las necesidades del perfil con mayor similitud.

4 Resultados y discusión

La propuesta se centra en el desarrollo de un método para la evaluación sobre los derecho a la privacidad de datos de nuestras niñas, niños y adolescentes en Ecuador. Para aplicar del método multicriterio WA, se estructuran los criterios evaluativos del problema y las alternativas objeto de estudio. A partir del comportamiento de los indicadores se obtienen las preferencias para evaluar las alternativas y realizar el proceso de clasificación. Los expertos expresan la valoración de los criterios mediante la valoración neutrosófica. Los atributos se formulan en la escala lingüística presentada en la Tabla 1, sustituyendo sus términos lingüísticos equivalentes.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [29].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)

Término lingüístico	Números SVN
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

El problema es modelado mediante el conjunto de casos de para la evaluar sobre los derecho a las privacidades de datos de nuestras niñas, niñas y adolescentes en Ecuador, que representan las alternativas tal como se refiere a continuación:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$$

Que son descritos por el conjunto de atributos que representan los criterios evaluativos para la recomendación en la clasificación.

$$C = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7\}$$

Donde:

c_1 Acceso a la Información: Evaluar si los menores tienen acceso efectivo a información clara y comprensible sobre sus derechos de privacidad y protección de datos. Esto incluye la disponibilidad de materiales informativos en formatos adecuados y accesibles para su comprensión.

c_2 Consentimiento Informado: Analizar la existencia y efectividad de mecanismos que aseguran que los menores y sus representantes legales (padres o tutores) puedan otorgar un consentimiento informado antes de que se recopile y utilice su información personal. Esto implica que el consentimiento debe ser claro, explícito y revocable.

c_3 Transparencia en el Tratamiento de Datos: Examinar la claridad y transparencia de las políticas de tratamiento de datos de entidades que interactúan con menores. Evaluar si se proporciona información sobre qué datos se recopilan, con qué propósito, y cómo y con quién se comparten.

c_4 Seguridad de los Datos: Evaluar las medidas de seguridad implementadas para proteger la información personal de niñas, niños y adolescentes. Esto incluye la revisión de protocolos de seguridad, el uso de tecnologías de encriptación y la capacitación del personal en la protección de datos.

c_5 Mecanismos de Denuncia y Compensación: Analizar la existencia de mecanismos efectivos que permitan a los menores y sus familias reportar violaciones a su privacidad y obtener compensaciones o soluciones efectivas. Esto incluye evaluar la accesibilidad y la sensibilidad de estos mecanismos.

c_6 Adaptación de la Legislación: Evaluar si las leyes y regulaciones existentes en Ecuador respecto a la protección de datos personales son adecuadas y responden a las necesidades específicas de protección de la privacidad de los menores en el entorno digital. Esto debe incluir una revisión regular y una adaptación a las nuevas realidades tecnológicas.

c_7 Educación y Concienciación: Considerar la efectividad de programas educativos diseñados para concienciar a niños, niñas y adolescentes sobre sus derechos de privacidad y el manejo responsable de su información personal. Evaluar la inclusión de estas temáticas en el currículo escolar y su relevancia para el desarrollo de habilidades críticas en el uso de tecnologías digitales.

Estos criterios permiten una evaluación integral y multidimensional del estado actual del derecho a la privacidad de datos de niños, niñas y adolescentes, resaltando áreas de mejora y estableciendo un marco para la protección de sus derechos en el entorno digital.

Tabla 2: Vista de datos de casos de para la evaluación sobre los derecho a la privacidad de datos de nuestras niñas, niños y adolescentes en Ecuador.

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7
a_1	MB	MDM	MMM	B	MMM	MDB	MD
a_2	MB	M	M	M	MMM	B	MD
a_3	MMB	MDM	MMM	B	MDM	MDB	M
a_4	M	M	MMM	B	M	MMB	M

Si especialista u_e, desea recibir las recomendaciones del modelo para un caso nuevo, deberá proveer información al mismo expresando sus preferencias. En este caso:

$$P_e = \{\text{MB}, \text{M}, \text{M}, \text{M}, \text{MMM}, \text{B}, \text{MD}\}$$

El siguiente paso del ejemplo, es el cálculo de la similitud entre el perfil del caso reciente en análisis y los almacenados en la base de datos.

Tabla 3: Similitud entre el perfil en análisis y los perfiles almacenados de casos anteriores.

a_1	a_2	a_3	a_4
0.20	0.95	0.35	0.60

Para el proceso de generación de recomendaciones, se recomiendan aquellos que más se acerquen al perfil del caso de violación sobre los el derecho a la privacidad de datos de nuestras niñas, niños y adolescentes en Ecuador objeto de análisis, posteriormente se realiza un ordenamiento de los perfiles.

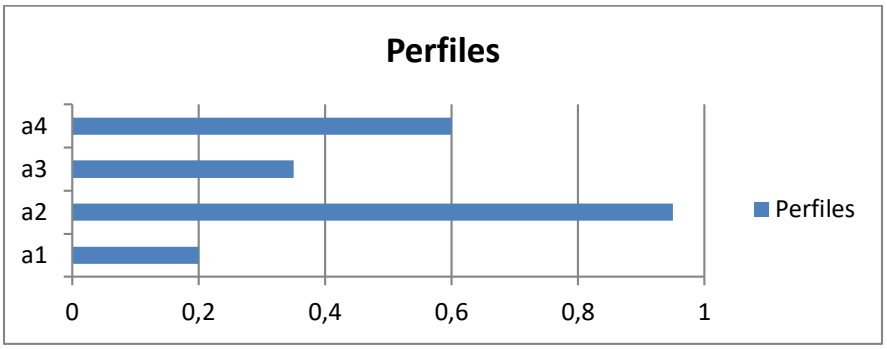


Figura 2: Ordenamiento de los perfiles.

A partir de esta comparación, los perfiles resultantes son expresados mediante el siguiente orden de prioridad.

$$\{a_2, a_4, a_3, a_1\}$$

El modelo propuesto recomendará los dos casos más cercanos. Las recomendaciones están formadas por:

$$a_2, a_4$$

A partir del resultado, el perfil que más se asemeja al caso actual que es analizado es a_3.

5 Análisis de los resultados

En la era digital, la protección de datos es esencial para salvaguardar la privacidad y los derechos de las personas. Abordar este asunto requiere un enfoque integral que combine medidas tecnológicas, normativas y prácticas efectivas para mitigar riesgos y proteger la información personal. Las organizaciones deben estar constantemente preparadas para enfrentar los desafíos que surgen en un entorno marcado por crecientes amenazas cibernéticas y regulaciones más estrictas.

Al revisar las leyes existentes sobre la protección de datos personales, se evidencia una deficiencia notable en la salvaguarda de la identidad personal, especialmente en el caso de niñas, niños y adolescentes. Por lo tanto, es crucial ampliar o crear una nueva legislación que imponga sanciones severas a quienes infrinjan las disposiciones legales y cometan delitos que pongan en riesgo la identidad digital.

Además, es necesario que las páginas de internet incluyan información clara sobre los derechos de los usuarios en las plataformas digitales. Esto debería incluir artículos que expliquen qué tratamiento se da a la información proporcionada por los usuarios. Para los menores, es fundamental que se implementen medidas especiales que protejan su información en el entorno digital, con una consideración particular a su desarrollo y capacidad para entender el manejo de sus datos.

La creación de un marco normativo claro y accesible no solo ayudaría a proteger a los usuarios más vulnerables, sino que también fomentaría un entorno digital más seguro y responsable. En última instancia, la protección de datos no solo es una cuestión legal, sino también una responsabilidad ética que debemos asumir colectivamente para garantizar que la privacidad de todos, especialmente de los menores, sea realmente respetada y defendida.

Causas y consecuencias de la vulneración de datos en niñas, niños y adolescentes

Los menores, a menudo inocentes, son propensos a acceder a sitios donde su información personal está en riesgo. Esta información, además de ser expuesta, puede ser utilizada para manipular a los menores, incluso hasta el punto de sufrir extorsiones. Aunque legalmente un menor no tiene la autoridad para realizar transacciones, la exposición de sus datos los afecta gravemente; como se mencionó, se enfrentan a un alto índice de delitos de ciberdelincuencia, incluyendo trata de menores, además de la circulación de imágenes o videos en la red. Estos menores pueden convertirse en víctimas de amenazas de extorsión, lo que puede conllevar consecuencias muy serias.

En Ecuador, carecemos de un marco regulador y sancionador efectivo que aborde las conductas inapropiadas relacionadas con el uso de redes sociales. A pesar de las denuncias, no se han obtenido resultados concretos. Según datos del INEC, cerca del 60% de los niños y niñas entre 8 y 13 años tienen acceso a tecnologías de la información y comunicación, pero muchos carecen de un conocimiento adecuado sobre el uso responsable de estas plataformas [35].

6 Conclusión

A través del desarrollo del método propuesto, se logró llevar a cabo una evaluación del derecho a la privacidad de datos de niñas, niños y adolescentes en Ecuador. A lo largo del tiempo, hemos observado cómo el internet se ha consolidado como un elemento fundamental en el mundo actual. Su presencia ha transformado profundamente nuestras sociedades, que hoy no pueden concebir la vida sin el acceso a esta herramienta.

El presente trabajo destaca el concepto sobre los riesgos asociados con la falta de protección de los datos personales, especialmente en el caso de menores de edad, quienes son particularmente vulnerables a ataques en línea debido a su integración total en el entorno digital. A pesar de las ventajas que ofrece internet, los menores suelen reconocer con mayor claridad estas bondades, mientras que su percepción de los peligros y consecuencias del uso indiscriminado de la tecnología tiende a ser limitada.

En este contexto, se propone una formación integral que permita a niños, niñas y adolescentes desarrollar una identidad digital responsable. Esta formación debe dotarlos del conocimiento necesario para proteger su intimidad y la de otros usuarios, así como para identificar los riesgos que implica la interacción en el entorno digital.

Además, es fundamental que los instrumentos normativos en Ecuador, como la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPDP), sean actualizados y alineados con la realidad tecnológica. Esto debe incluir la promoción de competencias que garanticen una adecuada protección de los datos personales, involucrando a todos los actores del entorno digital.

La implementación de leyes efectivas no solo garantizará la privacidad de los datos personales, sino que también impondrá sanciones a quienes infrinjan las normas. La principal finalidad de estas leyes será establecer directrices sobre cómo las organizaciones deben gestionar, procesar y almacenar la información personal, en consideración de la activa participación de menores en el mundo digital.

Es esencial que la educación formal se integre en las aulas, donde se enseñe no solo el uso de herramientas ofimáticas, sino también la importancia y el valor de los datos personales compartidos en el entorno digital. Además, los padres tienen un papel crucial en la protección de sus hijos, educándolos sobre los beneficios y riesgos de acceder a redes sociales, y fomentando un manejo adecuado de la información compartida.

Referencias

[1] F. D. Estella, and B. O. García, "La nueva Carta de Derechos Digitales en España, y los nuevos reglamentos comunitarios DSA, DMA e IA:¿ hacia un constitucionalismo digital?," *CEFLegal. Revista práctica de derecho*, pp. 39-74, 2023.

[2] I. Ravetllat Ballesté, and C. Basoalto Riveros, "La protección de datos personales de niños, niñas y adolescentes: respuestas desde el ordenamiento jurídico chileno," *Estudios constitucionales,* vol. 19, no. 1, pp. 111-145, 2021.

[3] O. A. Mendoza Enríquez, "Marco jurídico de la protección de datos personales en las empresas de servicios establecidas en México: desafíos y cumplimiento," *Revista IUS,* vol. 12, no. 41, pp. 267-291, 2018.

[4] R. O. Suplemento, "LEY ORGANICA DEL SISTEMA NACIONAL DE CONTRATACION PUBLICA," 2008.

[5] L. O. D. G. Jurisdiccionales, "Control Constitucional," *Publicado en el RO Suplemento,* vol. 52.

[6] C. O. I. Penal, "Código Orgánico Integral Penal," *Quito: Corporación de Estudios y Publicaciones, Legislación Conexa. Versión Profesional*, 2014.

[7] A. C. Del Ecuador, "Constitución de la República del Ecuador," *Quito: Tribunal Constitucional del Ecuador. Registro oficial Nro,* vol. 449, pp. 79-93, 2008.

[8] A. General, "Res. 2200A (XXI), Organización de las Naciones Unidas, Doc," *A/res/21/2200*, 1966.

[9] A. Grajales Quintero, E. Serrano Moya, and C. Hahan Von, "Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación," *Luna Azul,* vol. 36, no. 1, pp. 285-306, 2013.

[10] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[11] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[12] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[13] I. Grau, and R. Grau, "Aplicación de sistemas neuroborrosos a problemas de resistencia antiviral del VIH," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 6, no. 2, 2012.

[14] K. Pérez, "Modelo de proceso de logro de consenso en mapas cognitivos difusos para la toma de decisiones en grupo," Tesis Doctoral, Facultad 4, Universidad de las Ciencias Informáticas, 2014.

[15] R. Yager, "On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics,* vol. 18, no. 1, pp. 183-190, 1988.

[16] F. Smarandache, "A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic," *Philosophy*, pp. 1-141, 1999.

[17] F. Smarandache, "Neutrosofia y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[18] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[19] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[20] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, "Single valued neutrosophic sets," *Review of the Air Force Academy*, no. 1, pp. 10, 2010.

[21] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[22] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[23] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[24] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[25] U. Endal, Y. Shen, A. Knut, Y. Gao, and M. Haapasalo, "A high-resolution computed tomographic study of changes in root canal isthmus area by instrumentation and root filling," *Journal of endodontics,* vol. 37, no. 2, pp. 223-227, 2011.

[26] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[27] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[28] J. Ye, "Single-valued neutrosophic minimum spanning tree and its clustering method," *Journal of intelligent Systems,* vol. 23, no. 3, pp. 311-324, 2014.

[29] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[30] K. Pérez-Teruel, M. Leyva-Vázquez, and V. Estrada-Sentí, "Mental models consensus process using fuzzy cognitive maps and computing with words," *Ingeniería y Universidad,* vol. 19, no. 1, pp. 173-188, 2015.

[31] M. Y. L. Vázquez, K. Y. P. Teurel, A. F. Estrada, and J. G. González, "Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingenieria y Universidad: Engineering for Development,* vol. 17, no. 2, pp. 375-390, 2013.

[32] A. Rodríguez, V. F. R. Castro, A. D. C. R. Gonzalez, N. A. C. Baque, and J. C. P. Tarragó, "Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en técnicas de minería de procesos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 7, pp. 136-155, 2021.

[33] A. Rodríguez, A. D. C. R. Gonzalez, J. C. P. Tarragó, and D. L. D. Gálvez, "Implementación de algoritmos de Inteligencia Artificial en la predicción de nuevos conocimientos mediante enseñanza constructivista," *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 3, pp. 131-141, 2021.

[34] A. Rodríguez, H. B. D. Lucas, C. J. Á. Mero, R. J. L. Pisco, and F. I. G. Castro, "Método computacional de recomendación sobre la evaluación del aprendizaje bajo el paradigma constructivista," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 15, no. 1, pp. 178-187, 2022.

[35] I. C. d. P. y Viviendo, "Instituto Nacional de Estadistica y Censos (INEC); 2010," *Quito, Ecuador: INEC*, 2010.

[36] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[37] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[38] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[39] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[40] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[41] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[42] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 23, 2025. Aceptado: marzo 13, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para evaluar la necesidad de ti-pificar el delito de pornovenganza en el COIP ecuatoriano

Neutrosophic method to evaluate the need to typify the crime of pornography and revenge in the Ecuadorian COIP

Matías Josué Chicaiza Flores [1], Juan Alejandro Coloma Armijos [2], Kevin Josué Maldonado Valle [3], and Diego Francisco Granja Zurita [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador.matiascf34@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. juanca75@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. kevinmw64@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.diegogranja@uniandes.edu.ec

Resumen. El presente artículo implementa un Método Neutrosófico para evaluar la necesidad de tipificación del delito de pornovenganza o *revenge porn* en el Código Orgánico Integral Penal (COIP) ecuatoriano. Este nuevo delito, de naturaleza sexual, atenta gravemente contra la intimidad y la integridad personal, sexual y psicológica de las víctimas, además de comprometer su libertad personal. La pornovenganza es una problemática social en aumento que debe ser considerada por el sistema de justicia ecuatoriano, ya que su falta de tipificación transgrede el derecho a la intimidad y la libertad sexual de quienes la padecen. Con la propuesta de un anteproyecto de reforma al COIP, el enfoque del artículo se centra en la necesidad de establecer este delito como un agravante, buscando la protección de las víctimas y garantizando su integridad física, sexual y psicológica. La implementación del Método Neutrosófico permitirá evaluar de manera objetiva y exhaustiva la viabilidad de tipificar este delito, contribuyendo así a la creación de un marco legal más justo y efectivo que responda a las necesidades de las víctimas y que fortalezca el sistema de justicia en Ecuador.

Palabras Claves: Método Neutrosófico, delito de porno venganza, tipificación, agravante, intimidad, venganza.

Abstract. This article implements a Neutrosophic Method to evaluate the need to criminalize the crime of revenge porn in the Ecuadorian Comprehensive Organic Criminal Code (COIP). This new crime, of a sexual nature, seriously violates the privacy and personal, sexual, and psychological integrity of victims, in addition to compromising their personal freedom. Revenge porn is a growing social problem that must be addressed by the Ecuadorian justice system, since its lack of criminalization violates the right to privacy and sexual freedom of those who suffer from it. By proposing a draft reform to the COIP, the article focuses on the need to establish this crime as an aggravating factor, seeking to protect victims and guaranteeing their physical, sexual, and psychological integrity. The implementation of the Neutrosophic Method will allow for an objective and comprehensive evaluation of the feasibility of criminalizing this crime, thus contributing to the creation of a more just and effective legal framework that responds to the needs of victims and strengthens the justice system in Ecuador.

Keywords: Neutrosophic Method, revenge porn crime, criminalization, aggravating factor, intimacy, revenge

1 Introducción

La pornovenganza o *Revenge Porn*, también conocida como pornografía de venganza, consiste en la publicación, difusión o amenaza de las mismas, a través del uso de la tecnología mediante las redes sociales, esto es a través de fotografías, audios y/o videos de carácter sexual sin el consentimiento de la pareja, ex pareja o persona con la que se tuvo un vínculo o relación íntima [1]. Mediante la acción de este delito se tendría como

principal finalidad la degradación pública de esa persona, la cual en ese preciso momento pasaría a ser víctima de pornovenganza [2].

En la actualidad se viven nuevas tendencias tecnológicas a menudo que son comúnmente llamativas a través de los dispositivos móviles y la sexualidad encuentra nuevas formas de representación a través de imágenes y sonidos que facilitan el ejercicio del deseo, alejado en muchas ocasiones de la corporalidad [3]. La infinidad de conductas ilícitas que pueden realizarse a través de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC's), en especial aquellas que tienen relación con la sexualidad de los individuos y que en no pocas ocasiones configuran un claro supuesto de violencia de género, cuando de mujeres se trata, desde luego, tienen en común diversos factores, que son, precisamente, los que dan a esta nueva y no tan nueva modalidad de la delincuencia vinculada a la informática, una especial fisonomía [4-25].

La difusión no consentida de imágenes sexuales, denominada como pornovenganza, ha generado preocupación a nivel internacional, llevando a diversos países a adoptar medidas penales para abordar esta problemática. El Parlamento japonés aprobó una ley que penaliza con penas de prisión y multas a quienes distribuyan este tipo de material. El delito se define como la publicación en Internet de fotos o videos de carácter sexual de una persona, generalmente ex parejas, tras una discusión o conflicto. La legislación japonesa impone penas de hasta tres años de prisión y multas que pueden llegar hasta 500.000 yenes (aproximadamente 4.268 dólares) para quienes distribuyan estos contenidos, y establece sanciones adicionales para aquellos que faciliten la difusión de dicho material [5-26].

Investigaciones realizadas por la Universidad de Michigan en Estados Unidos revelan que el 90% de los casos de pornovenganza son perpetrados por hombres, lo que sugiere que esta práctica puede configurar una nueva forma de violencia de género. En este sentido, se destaca que cinco de cada diez víctimas han recibido insultos graves en redes sociales, frecuentemente vinculados a la prostitución, como consecuencia de la exposición pública de su material íntimo [6-27]. Esta cadena de abuso se inicia con la captación de imágenes de contenido sexual enviadas entre parejas, las cuales se difunden sin el consentimiento de la persona afectada como resultado de un conflicto.

A pesar de la complejidad para obtener estadísticas precisas debido a la falta de tipificación del delito en muchos países, iniciativas como la página web *End Revenge Porn* en Estados Unidos han comenzado a sistematizar los casos. Sus hallazgos indican que uno de cada diez amantes ha amenazado con exponer material comprometido y el 60% ha cumplido dichas amenazas. En general, el 90% de las víctimas son mujeres, el 93% experimenta un daño emocional significativo y el 49% enfrenta acoso por parte de los receptores del material [7-28].

Desde 2014, varios países han avanzado en la creación de legislaciones para sancionar la difusión no consentida de imágenes íntimas, incluyendo Israel, Japón, Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, España, Nueva Zelanda, Alemania, Filipinas, México, Brasil, Perú y Puerto Rico. Israel fue pionero al incorporar este delito en su Código como un crimen sexual, con penas de hasta cinco años de cárcel. En España, la pornovenganza está tipificada en el Código Penal desde 2015 y se castiga con una pena de prisión de tres meses a un año, además de prever agravantes basadas en la relación entre la víctima y el agresor [8-29].

La legislación sobre la pornovenganza ha cobrado relevancia en diversos países que están considerando la tipificación de este delito. Chile, por ejemplo, está en vías de modificar su Código Penal para sancionar la difusión no consentida de imágenes o contenido de connotación sexual, capturadas en el contexto de una relación de pareja. Este movimiento refleja la creciente preocupación legislativa en torno a la protección de la intimidad de las personas y a la violencia que este tipo de actos puede representar. En este marco, el derecho penal se configura como una rama fundamental encargada de tipificar delitos y establecer penas ante atentados a bienes jurídicos de gran importancia, como la vida y la integridad física y psíquica de los individuos [9-30].

Asimismo, es crucial diferenciar entre extorsión y pornovenganza, ya que ambos términos se confunden con frecuencia. La extorsión implica intimidación y coacción, ubicándose bajo el concepto de sextorsión; sin embargo, la pornovenganza se manifiesta cuando hay una violación explícita del derecho humano a la intimidad personal sin coacciones.

En este contexto, la pornovenganza afecta de manera desproporcionada a las mujeres [10-31].

A pesar de la existencia de un marco normativo en Ecuador, representado por el artículo 178 del Código Orgánico Integral Penal (COIP), que sanciona la violación de la intimidad, este no abarca explícitamente el delito de pornovenganza [11]. La ley estipula penas para quienes, sin consentimiento, accedan, interpongan, difundan o publiquen información personal, pero no menciona específicamente la situación donde una pareja o expareja comparte contenido íntimo con fines de venganza [12]. El artículo 48 del COIP menciona agravantes en infracciones contra la integridad sexual y reproductiva, pero no se refiere a la intervención de individuos que divulguen la intimidad de una pareja [13]. Esto sugiere que, aunque existen marcos legales, el delito de pornovenganza continúa sin una tipificación clara. Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un Método Neutrosófico para evaluar la necesidad de tipificar el delito de pornovenganza en el COIP ecuatoriano, facilitando así una respuesta adecuada a este fenómeno social en expansión.

2 Materiales y métodos

El método propuesto en esta investigación basa su funcionamiento mediante Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico (NAHP, *Neutrosophic Analytic Hierarchy Process*) está estructurado en tres etapas: (I) Entrada; (II) Procesamiento; y (III) Salida de información. La etapa de entrada nutre los criterios de selección del método. Posteriormente en la etapa de procesamiento se implementa la evaluación multicriterio. La etapa de salida visualiza la inferencia propuesta por el método como resultado del proceso de evaluación, tal como muestra la figura 1.

Figura 1. Método neutrosófico para evaluar la necesidad de tipificar el delito de pornovenganza.

2.1 El Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico

La jerarquización de un problema permite desglosar el proceso de decisión en criterios y subcriterios, que se organizan de manera coherente y lógica. En este sentido, el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), propuesto por Thomas Saaty en 1980 [14], se destaca como uno de los métodos más ampliamente utilizados en la toma de decisiones multicriterio. Este enfoque metodológico se basa en la estructuración de problemas complejos en un formato jerárquico que facilita su análisis y resolución. En la parte superior de esta jerarquía se encuentra la meta principal que se busca alcanzar al abordar el problema, mientras que en los niveles inferiores se presentan las diversas alternativas entre las cuales se debe tomar una decisión. Los niveles intermedios de la jerarquía son cruciales porque reflejan los atributos y criterios que se consideran relevantes para la decisión a tomar, lo que proporciona un marco estructurado para evaluar las distintas alternativas [15]. Esta organización no solo facilita la visualización de las relaciones entre los diferentes elementos involucrados en la toma de decisiones, sino que también permite a los decisores analizar la importancia relativa de cada criterio mediante comparaciones par a par. Al final, el AHP proporciona un resultado cuantitativo que ayuda a los decisores a identificar la opción más adecuada, optimizando así el proceso de toma de decisiones en situaciones que involucran múltiples factores a evaluar.

AHP es un método que selecciona alternativas en función de una serie de criterios o variables, normalmente jerarquizados, los cuales suelen entrar en conflicto. En esta estructura jerárquica, el objetivo final se encuentra en el nivel más elevado, y los criterios y subcriterios en los niveles inferiores [16-18]. La figura 2 muestra la estructura jerárquica de AHP [19, 20].

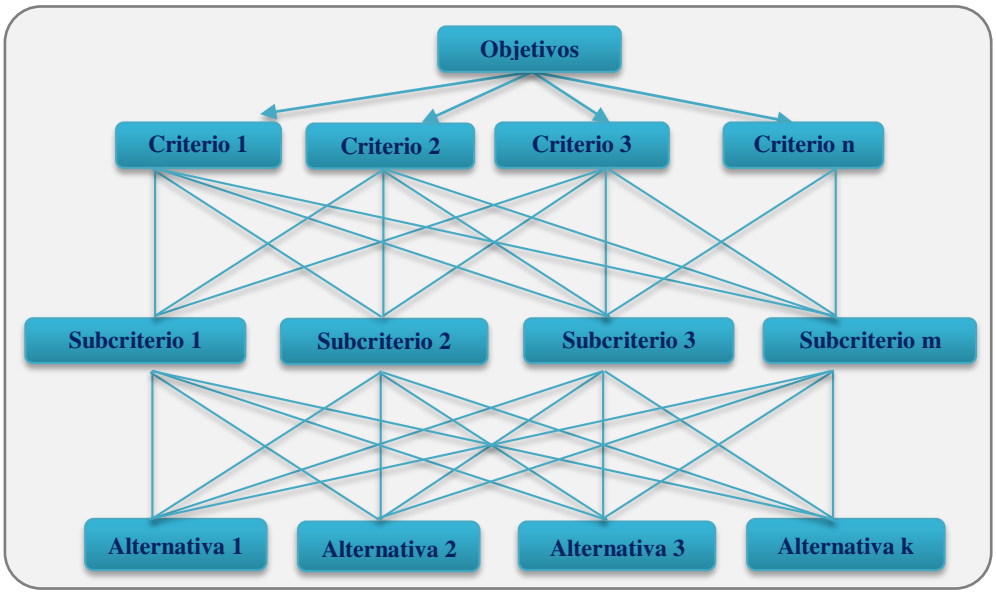


Figura 2. Proceso Analítico Jerárquico.

En una jerarquía típica el nivel más alto localiza el problema de toma de decisiones. Los elementos que afectan la toma de decisiones son representados en el nivel intermedio, ocupando los criterios los niveles intermedios. En el nivel más bajo se comprenden las opciones de decisiones [21, 22].

Una vez definida la estructura jerárquica, se comparan los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios del nivel inferior. Para ello se utilizan matrices de comparación pareadas usando una Escala Fundamental.

La comparación de las diferentes alternativas respecto al criterio del nivel inferior de la estructura jerárquica, como la comparación de los diferentes criterios de un mismo nivel jerárquico dan lugar a una matriz cuadrada denominada Matriz de Decisión.

2.2 Actividades del método neutrosófico

Una vez identificado los criterios evaluativos, el método realiza un proceso de comparación entre criterios. Se establecen los niveles de importancia o ponderación asociados a los criterios. Se estiman por medio de comparaciones apareadas entre cada criterio. Esta comparación se lleva a cabo usando una escala, tal como expresa la ecuación (1) [23].

$$S = \left\{\frac{1}{9},\frac{1}{8},\frac{1}{7},\frac{1}{6},\frac{1}{5},\frac{1}{4},\frac{1}{3},\frac{1}{2},1,2,3,4,5,6,7,8,9\right\} \tag{1}$$

En el caso de *n* atributos la comparación apareada del elemento *i* con el elemento *j* es colocado en la posición de *aij* de la matriz A de comparaciones apareadas, tal como se muestra en la ecuación (2).

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & \tilde{1} \end{bmatrix} \tag{2}$$

A partir del proceso de comparación se obtienen los valores recíprocos de estas comparaciones. Los valores obtenidos son colocados en la posición a_{ji} de A, con la finalidad de preservar la consistencia del juicio. El proceso de decisión debe comparar la importancia relativa de un elemento con respecto a un segundo, usando la escala de 9 puntos mostrada en la tabla 1.

Para el elemento 1 que fue calificado con fuerte dominancia sobre el elemento 2, se expresa como resultado en la posición a_{12}, se coloca un 5 y recíprocamente en la posición de a_{21} se coloca 1/5.

Tabla 1. La escala de Saaty traducida a una escala triangular neutrosófica.

Escala Saaty	Definición	Escala Triangular Neutrosófica
1	Igualmente influyente	$\tilde{1} = \langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$
3	Ligeramente influyente	$\tilde{3} = \langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$
5	Fuertemente influyente	$\tilde{5} = \langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$

Escala Saaty	Definición	Escala Triangular Neutrosófica
7	Muy fuertemente influyente	$\tilde{7} = \langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$
9	Absolutamente influente	$\tilde{9} = \langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$
2, 4, 6, 8	Valores intermedio entre dos escalas cercanas	$\tilde{2} = \langle(1,2,3);0.40,0.65,0.60\rangle$
		$\tilde{4} = \langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40\rangle$
		$\tilde{6} = \langle(5,6,7);0.70,0.25,0.30\rangle$
		$\tilde{8} = \langle(7,8,9);0.85,0.10,0.15\rangle$

En la investigación de Saaty se estableció que el Índice de Consistencia (CI) debería depender de λ max, el valor propio máximo de la matriz. Definió la ecuación $CI = \frac{\lambda_{max}-n}{n-1}$, donde *n* es el orden de la matriz. Además, definió la Relación de Consistencia (CR) con la ecuación CR = CI/RI, donde RI se relaciona en la Tabla 2.

Tabla 2. RI asociada a cada orden.

Orden (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Donde:

- Si CR≤0.1 se considera que la evaluación de los expertos es suficientemente consistente y por lo tanto podemos proceder a utilizar NAHP.
- NAHP tiene como objetivo calificar criterios, subcriterios y alternativas, y clasificar cada alternativa de acuerdo con estos puntajes.
- NAHP también se puede utilizar en la evaluación de grupo. En tal caso, el valor final se calcula mediante la media geométrica ponderada, mediante las ecuaciones 3 y 4.

$$\bar{x} = \left(\prod_{i=1}^{n} x_i^{w_i}\right)^{1/\sum_{i=1}^{n} w_i} \tag{3}$$

Si los pesos de los expertos suman uno, es decir $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$, la ecuación 3 se transforma en la ecuación 4.

$$\bar{x} = \prod_{i=1}^{n} x_i^{w_i} \tag{4}$$

3 Implementación del Método neutrosófico para evaluar la necesidad de tipificar el delito de pornovenganza en el COIP ecuatoriano

El método propuesto en esta investigación fue implementado para analizar la necesidad de tipificar el delito de pornovenganza en el COIP ecuatoriano. La presente sección realiza una descripción de los resultados obtenidos de su implementación. Para la obtención de la información se emplea un enfoque multicriterio multiexperto [24], expresado como:

El grupo de criterios que caracterizan los casos de pornovenganza identificados en Ecuador, tal que:

$$C = \{c_1, c_2, \ldots, c_m\}, m \geq 1 \quad ,$$

.

Para lo cual participan el grupo de expertos que intervienen en el problema de toma de decisiones, tal que:

$$E = \{e_1, e_2, \ldots, e_n\}, n \geq 1 \quad ,$$

Mediante el conjunto de alternativas de decisión para el problema de toma de decisiones propuesto, tal que:

$$A = \{a_1, a_2, \ldots, a_k\}, k \geq 1 \quad ,$$

Las alternativas para evaluar son las siguientes:

A_1: Existe una alta necesidad de tipificar el delito de pornovenganza en el COIP ecuatoriano.

A_2: No existe una alta posibilidad de tipificar el delito de pornovenganza en el COIP ecuatoriano.

Para llevar a cabo un análisis exhaustivo sobre la necesidad de tipificar el delito de pornovenganza en el COIP ecuatoriano se convocó a un panel de expertos compuesto por profesionales de diversas disciplinas para realizar un análisis exhaustivo sobre la necesidad de tipificar el delito de pornovenganza en el Código Orgánico

Integral Penal (COIP) ecuatoriano. Este grupo incluye juristas con experiencia en derecho penal y derechos humanos, psicólogos especializados en violencia de género y delitos sexuales, sociólogos con un enfoque en estudios de género y medios digitales, así como profesionales de la tecnología de la información. La diversidad de especialidades garantiza un enfoque multidimensional que considera tanto las implicaciones legales como los impactos sociales y psicológicos del delito de pornovenganza. Este panel proporciona un marco sólido para abordar de manera integral las complejidades y dimensiones éticas asociadas con esta problemática en el contexto ecuatoriano. A partir del análisis realizado, se obtienen los principales criterios a tener en cuenta:

Tabla 3. Criterios evaluativos.

C	Criterio	Descripción
C_1	Identificación de vacíos legales	Actualmente, el COIP no incluye explícitamente la pornovenganza como un delito autónomo, lo que puede llevar a ambigüedades en la interpretación y aplicación de la ley. La falta de una definición clara y específica para este delito crea vacíos que pueden ser explotados por los agresores. Esta carencia permite que actos de violencia emocional y psicológica queden sin sanción adecuada, afectando así la protección de las víctimas que sufren esta situación.
C_2	Necesidad de protección específica para las víctimas	La pornovenganza, derivada de la confianza depositada por la víctima en una relación íntima, provoca un daño significativo que merece ser abordado con un marco legal explícito. Sin la tipificación, las víctimas pueden sentir que su situación no es tomada en serio, lo que resulta en una falta de confianza en el sistema judicial. Una tipificación clara brindaría la garantía de que la justicia está disponible para quienes sufren este tipo de agresiones, asegurando que se respeten sus derechos y se reconozcan sus experiencias.
C_3	Refuerzo de sanciones adecuadas	Al no estar tipificado, el delito de pornovenganza se enmarca en generalidades que pueden resultar en sanciones inadecuadas o insuficientes. Esto se evidencia en el artículo 178 del COIP, que no contempla específicamente las dinámicas de poder y confianza que hay entre parejas o ex parejas. La ausencia de reconocimiento del contexto relacional puede resultar en penas que no reflejan la gravedad del acto, limitando la capacidad de los tribunales para imponer sanciones más severas que reflejen el daño emocional y social causado por la pornovenganza
C_4	Evolución de la normativa ante cambios sociales y tecnológicos	Dada la rápida evolución de la tecnología y su creciente impacto en la vida personal, es fundamental que el ordenamiento jurídico ecuatoriano se mantenga actualizado, el avance de Internet y las herramientas digitales ha facilitado la perpetración de este delito. La tipificación de la pornovenganza permitiría al sistema legal adaptarse a estas realidades contemporáneas, asegurando que las leyes protejan de manera efectiva a los ciudadanos en un mundo donde la tecnología puede ser utilizada para actos de venganza y abuso.

Las tres matrices por pares obtenidas correspondientes a los criterios, una por experto, se resumen en la tabla 4. Los valores se expresan en forma de la escala dada en la tabla 1.

Tabla 4: Pares de comparación correspondientes a los criterios agregados dados por los expertos.

Alternativa	A_1	A_2
A_1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$
A_2	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$

La tabla 5, contiene la valoración media para el total de expertos correspondientes a los requisitos, uno por cada criterio.

Tabla 5: Matriz media nítida por pares correspondiente a los requerimientos dados por los expertos.

C	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$
C_2	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$
C_3	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$
C_4	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$

A partir de la aplicación de la ecuación 1, se aplica la ecuación 4 para convertir las matrices por pares en matrices nítidas. El CR obtenido fue 0.0012 que represente el valor agregado de los expertos. Se observa que es

menor que 0.1. Mientras que, para las matrices de requerimientos, los CR son menores a 0.1 respecto a cada experto y cada criterio. La Tabla 6 resume los vectores prioritarios de los tres expertos para los criterios, aplicando la Ecuación 2 con pesos wi = 1/3 para i = 1, 2, 3.

Tabla 6: Promedio de vectores de prioridad obtenidos para cada criterio sobre los expertos y su orden.

Alternativas	Promedio sobre expertos de Criterios Vectores Prioritarios	Orden
A_1	⟨(6,7,8);0.90,0.10,0.10⟩	1
A_2	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	2

La Tabla 7 resume los pesos para cada requerimiento y el orden final.

Tabla 7: Los vectores de prioridad de requisitos y el orden final de requisitos.

Criterios	A_1(0.92)	A_2(0.15)	Vector de prioridad	Orden
C_1	$\langle(7,8,9);0.85,0.10,0.15\rangle$	$\langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40\rangle$	0,29	2
C_2	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40\rangle$	0,21	3
C_3	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	0,40	1
C_4	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	0,10	4

De acuerdo con los resultados resumidos en la Tabla 7, los indicadores poseen un nivel de priorización que se ordenan de la siguiente manera: $C_3 \succ C_1 \succ C_2 \succ C_4$. Para el caso analizado, la evaluación de la alternativa A_1 indica una alta necesidad de tipificar el delito de pornovenganza en el COIP ecuatoriano.

4 Discusión

La investigación realizada se sitúa en el contexto de la creciente conciencia sobre la violencia de género y la evolución de la tecnología. En numerosos países, la pornovenganza es fenómeno ha tomado mayor relevancia y ha sido objeto de atención legislativa significativa, evidenciado por la inclusión del delito en ordenamientos jurídicos como los de España y Argentina, donde se ha priorizado la protección de la intimidad personal [13]. En América Latina, países como Chile están avanzando hacia la creación de normativas que reconozcan y sancionen esta problemática, reflejando una tendencia global hacia el combate de la violencia digital [12].

La pornovenganza se origina en el ámbito de la confianza personal, donde la relación íntima entre las partes puede dar lugar a situaciones de abuso al momento de una ruptura. Este aspecto es fundamental para entender por qué es necesario un enfoque legislativo específico para abordar este delito, principalmente porque la información íntima se convierte en un arma en manos del agresor. Sin una tipificación clara, las víctimas de pornovenganza se encuentran en una posición vulnerable y desprotegida, lo que puede llevar a una sensación de impunidad para quienes perpetúan este tipo de violencia [11].

El vacío legal existente en el COIP es particularmente problemático, ya que el artículo 178 menciona la violación a la intimidad, pero no aborda de manera explícita el contexto relacional en el que comúnmente se produce la pornovenganza. Este artículo, al ser demasiado general, no establece las agravantes que podrían corresponder a situaciones donde el material difundido provenga de la confianza depositada en una relación de pareja. De esta manera, la falta de especificidad en la ley puede llevar a que casos de abusos serios sean tratados con una severidad inapropiada, lo que a su vez puede contribuir a la perpetuación de este tipo de delitos.

Además, sin la tipificación adecuada, la respuesta del sistema judicial puede ser inconsistente e insatisfactoria. La inexistencia de un marco legal claro permite que los agresores se beneficien de confusiones legales y eviten consecuencias apropiadas. Desde una perspectiva de justicia, es esencial que el sistema no solo sancione la violación a la intimidad, sino que reconozca las particularidades de la pornovenganza como un delito autónomo, capaz de provocar un daño único y profundo en la vida de las víctimas.

Otro aspecto crítico es la necesidad de que la legislación evolucione en paralelo a los avances tecnológicos que facilitan la difusión no consentida de imágenes y videos íntimos. La cultura digital actual ha transformado la forma en la que se comunican y se comparte información, lo que genera riesgos adicionales para la privacidad y la seguridad de las personas. Por lo tanto, es imperativo que el ordenamiento jurídico ecuatoriano esté en constante revisión y actualización para reflejar estas realidades y proteger a los ciudadanos de posibles abusos.

El análisis de la situación en el Ecuador pone de manifiesto que han existido casos documentados de pornovenganza, pero su tratamiento legal ha sido inadecuado y muchas veces injusto. La ausencia de un reconocimiento específico de esta práctica permite que los agresores esgriman la ventaja de tener acceso a contenido íntimo, lo que coloca a las víctimas en una situación de desventaja significativa en el proceso judicial. Esto es particularmente

preocupante en un contexto donde la igualdad de género y la protección de los derechos humanos son principios fundamentales que deben guiar la legislación.

La implementación de un Método Neutrosófico para evaluar la necesidad de tipificar el delito de pornovenganza en el COIP ha arrojado resultados que indican una alta necesidad de acción legislativa. Este enfoque propone un análisis más profundo, permitiendo integrar distintas variables y perspectivas en la discusión. Los resultados sugieren que, además de brindar protección a las víctimas, la tipificación de la pornovenganza serviría como un mecanismo de disuasión para prevenir futuros abusos.

Es fundamental que el proceso legislativo considere no solo la creación de una tipificación, sino también la inclusión de medidas de sensibilización y educación que informen a la sociedad sobre las implicaciones graves de la pornovenganza. La promoción de campañas que fomenten la igualdad de género y que aborden las dinámicas de confianza en relaciones íntimas es esencial para combatir este fenómeno de manera efectiva. La tipificación de la pornovenganza en el COIP no solo es necesaria, sino urgente, para garantizar un marco legal que refleje los estándares contemporáneos de protección de los derechos humanos y la dignidad personal en la era digital. Para tipificar este delito es necesario realizar algunas actividades previas como [10]:

- Realizar una evaluación de las consecuencias emocionales, sociales y psicológicas que enfrentan las víctimas de pornovenganza. Incluye el análisis del daño psicológico, como la ansiedad, la depresión y el trauma, así como el estigma social que puede resultar de la difusión no consentida de material íntimo. Un impacto significativo en las víctimas podría justificar la necesidad de una legislación que proteja sus derechos.
- Revisar y estudiar las leyes en otros países que han tipificado la pornovenganza como delito. Al comparar las normativas existentes, se puede identificar cómo se han abordado problemas similares en contextos jurídicos diferentes. Esta actividad ayuda a demostrar la efectividad de la tipificación en la protección de las víctimas y a destacar la urgencia de crear un marco legal similar en Ecuador.
- Evaluar la comprensión y la conciencia que tiene la sociedad sobre el fenómeno de la pornovenganza. La necesidad de campañas de sensibilización para educar al público sobre el daño que causa la divulgación no consensuada de imágenes íntimas se considera fundamental. Si hay una alta disposición social para reconocer este problema y apoyar su tipificación, esto podría reforzar el argumento a favor de la legislación.
- Examinar cómo la tipificación de la pornovenganza se alinea con los principios universales de derechos humanos, como el derecho a la privacidad, la dignidad y la igualdad de género. La realización de esta actividad es crucial para garantizar que cualquier propuesta legislativa no solo aborde el delito desde un punto de vista punitivo, sino que también promueva y proteja los derechos fundamentales de las víctimas, contribuyendo así a un marco normativo que respete y defienda los derechos humanos.

5 Conclusión

La investigación concluye que existe una alta necesidad de tipificar el delito de pornovenganza en el Código Orgánico Integral Penal (COIP) ecuatoriano. La pornovenganza representa una violación grave al derecho a la libertad sexual y a la intimidad, un problema que se manifiesta en diversas sociedades y que debe ser abordado adecuadamente por los sistemas de justicia a través de normativas legales específicas. Los resultados obtenidos de la implementación del Método Neutrosófico respaldan la urgencia de esta tipificación, tanto desde un enfoque jurídico como social, posicionando la pornovenganza como un delito de naturaleza sexual que merece atención en la legislación ecuatoriana. La inclusión de esta figura delictiva no solo contribuiría a la protección efectiva del derecho a la libertad sexual de las víctimas, sino que también aseguraría la salvaguarda de su intimidad personal.

Asimismo, se ha evidenciado que la incorporación de injertos o parches legales en el marco normativo puede generar ambigüedades que dificultan el funcionamiento del sistema judicial moderno en Latinoamérica. Es necesario reconocer que las leyes deben adaptarse a los constantes avances tecnológicos y a los nuevos desafíos que surgen en el ámbito digital. La investigación subraya que el ordenamiento jurídico debe estar en constante revisión y evolución para proporcionar sanciones adecuadas y efectivas a aquellos que causan daño a los miembros de la sociedad. La tipificación de la pornovenganza, por lo tanto, se presenta no solo como un imperativo legal, sino también como una herramienta esencial para promover una cultura de respeto y protección a la intimidad y a la libertad sexual en el contexto contemporáneo.

Referencias

[1] K. M. Brady, “Revenge in modern times: The necessity of a federal law criminalizing revenge porn,” *Hastings Women's LJ,* vol. 28, pp. 3, 2017.

[2] A. Jacobs, “Fighting back against revenge porn: A legislative solution,” *Nw. JL & Soc. Pol'y,* vol. 12, pp. 69, 2016.

[3] M. A. Franks, “The crime of “Revenge porn”,” *The Palgrave handbook of applied ethics and the criminal law*, pp. 661-692, 2019.

[4] R. C. Setterfield, "The regulation of'revenge porn'in England and Wales: are existing legal solutions effective?," University of Surrey, 2020.
[5] S. Matsui, "The criminalization of revenge porn in Japan," *Wash. Int'l LJ,* vol. 24, pp. 289, 2015.
[6] J. J. Wilkerson, "Revenge porn: State laws, constitutional challenges, and the progress of federal legislation," *U. Louisville L. Rev.,* vol. 60, pp. 301, 2021.
[7] S. Maddocks, "Feminism, activism and non-consensual pornography: Analyzing efforts to end "revenge porn" in the United States," *Feminist Media Studies,* vol. 22, no. 7, pp. 1641-1656, 2022.
[8] M. A. Trano, "Revenge Porn: A Review of How Effective Revenge Porn Laws Are and the Obstacles They Face," Utica College, 2019.
[9] A. R. Pinto Pinto, "Protección del derecho chileno a la víctima en los casos de porno venganza en relación a su regulación en EEUU," 2018.
[10] J. Haynes, "Legislative approaches to combating 'revenge porn': a multijurisdictional perspective," *Statute Law Review,* vol. 39, no. 3, pp. 319-336, 2018.
[11] A. P. Nivelo Noguera, "Afectación psicológica en mujeres víctimas de porno venganza; un análisis de casos," Universidad del Azuay, 2022.
[12] L. F. M. Vivas, and J. S. C. Aguiar, "Ausencia de protección a la intimidad en la difusión de videos sexuales grabados en mutuo consentimiento," *Debate Jurídico Ecuador,* vol. 6, no. 2, pp. 213-232, 2023.
[13] F. J. C. Ortega, W. J. V. Leiva, J. A. M. Ordoñez, S. V. C. Cabrera, X. A. O. Aguilar, F. R. L. Apolo, and P. L. M. Manzanillas, "La extorsión intramuros y sus tipos como vulneración a los derechos humanos de primera generación de las victimas primarias y secundarias en la Legislación de Ecuador," *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades,* vol. 4, no. 4, pp. 782–800-782–800, 2023.
[14] T. L. Saaty, *Toma de decisiones para líderes*: RWS Publications, 2014.
[15] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.
[16] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.
[17] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.
[18] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.
[19] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.
[20] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.
[21] F. Smarandache, "Neutrosophic Overset, Neutrosophic Underset, and Neutrosophic Offset. Florentin Smarandache Similarly for Neutrosophic Over-/Under-/Off-Logic, Probability, and Statistics," 2017.
[22] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.
[23] W. Ho, and X. Ma, "The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process," *European Journal of Operational Research,* vol. 267, no. 2, pp. 399-414, 2018.
[24] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.
[25] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.
[26] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.
[27] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.
[28] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024
[29] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[30] von Feigenblatt, O. F. “Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth”. Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[31] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. “El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura”. In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 24, 2025. Aceptado: marzo 14, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método Neutrosófico multicriterio para evaluar la viabilidad de la utilización del polígrafo en el campo laboral

Multicriteria neutrosophic method to assess the feasibility of using polygraph in the labor field

Matías Josué Chicaiza Flores [1], Kevin Josué Maldonado Valle [2], Bolívar David Narváez Montenegro[3], and Pablo Miguel Vaca Acosta [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. matiascf34@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. kevinmv64@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.bolivarnarvaez@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.pablovaca@uniandes.edu.ec

Resumen. El objetivo de la investigación es implementar un Método Neutrosófico multicriterio para evaluar la viabilidad de la utilización del polígrafo en el ámbito laboral, considerando sus implicaciones éticas, legales y psicológicas, así como su impacto en la relación entre empleadores y empleados. Esta investigación se centra en la viabilidad del uso del polígrafo en el contexto laboral, analizando las implicaciones que surgen de su implementación. El uso del polígrafo puede poner en riesgo la seguridad jurídica entre el trabajador y el empleador, ya que su aplicación no es conveniente para procesos como la vinculación de nuevo personal, ascensos o la resolución de conflictos internos. Las pruebas de polígrafo tienden a erosionar la confianza y la integridad personal del trabajador, generando dudas razonables hacia el empleador, lo que dificulta la creación de un ambiente laboral saludable y colaborativo. Además, se ha determinado que la utilización del polígrafo puede vulnerar derechos y principios constitucionales, dado que los resultados obtenidos de estas pruebas no son del todo confiables y carecen de aceptación científica general. Por lo tanto, al implementar un Método Neutrosófico multicriterio, se busca evaluar adecuadamente todos los criterios relevantes, asegurando que la decisión sobre el uso del polígrafo en entornos laborales esté fundamentada en un análisis riguroso e integral. Esto permitirá abordar los aspectos éticos, legales y de bienestar laboral necesarios para una valoración justa y equilibrada.

Palabras Claves: método neutrosófico multicriterios, polígrafo, seguridad jurídica, derecho laboral, confianza, integridad personal.

Abstract. The objective of this research is to implement a multicriteria Neutrosophic Method to evaluate the feasibility of using the polygraph in the workplace, considering its ethical, legal, and psychological implications, as well as its impact on the relationship between employers and employees. This research focuses on the feasibility of using the polygraph in the workplace, analyzing the implications that arise from its implementation. The use of the polygraph can jeopardize legal certainty between the worker and the employer, since its application is not convenient for processes such as hiring new staff, promoting, or resolving internal conflicts. Polygraph tests tend to erode the trust and personal integrity of workers, generating reasonable doubts toward the employer, which hinders the creation of a healthy and collaborative work environment. Furthermore, it has been determined that the use of the polygraph may violate constitutional rights and principles, given that the results obtained from these tests are not entirely reliable and lack general scientific acceptance. Therefore, implementing a multi-criteria Neutrosophic Method seeks to adequately evaluate all relevant criteria, ensuring that the decision on polygraph use in workplace settings is based on a rigorous and comprehensive analysis. This will address the ethical, legal, and workplace welfare aspects necessary for a fair and balanced assessment.

Keywords. multi-criteria neutrosophic method, polygraph, legal certainty, labor law, trust, personal integrity

1 Introducción

El polígrafo, comúnmente conocido como la máquina de la verdad o detector de mentiras, es un instrumento que registra respuestas fisiológicas en tiempo real, capturando variables como la presión arterial, el ritmo cardiaco, la tasa respiratoria y la respuesta galvánica de la piel [1]. Este último parámetro se refiere a los cambios en la conductividad eléctrica de la piel, influenciados por factores como la sudoración y la actividad nerviosa. Aunque es utilizado en diversos contextos, su empleo en el ámbito laboral suscita importantes preocupaciones éticas y legales, especialmente en lo que respecta a la seguridad jurídica entre trabajadores y empleadores [2].

El funcionamiento del polígrafo se basa en la premisa de que los estados emocionales generan respuestas fisiológicas involuntarias, tales como la expansión de la cavidad torácica y las variaciones en la frecuencia cardiaca. Dichos cambios son registrados de manera continua por el polígrafo, lo que permite generar gráficos que reflejan las reacciones del sujeto bajo evaluación. Sin embargo, se estima que la certeza de los resultados obtenidos oscila entre un 80% y un 90% [3]. Este margen de error, que puede llegar a ser del 20% o 10%, plantea dudas significativas sobre la fiabilidad de la información proporcionada por el polígrafo como criterio para la toma de decisiones laborales [4].

En Ecuador, la legislación actual no regula el uso del polígrafo, lo que ha llevado a diversos conglomerados empresariales a utilizar esta herramienta para la toma de decisiones en la contratación de personal, ascensos y resoluciones de conflictos internos [5-25]. Este fenómeno se justifica bajo el principio de que lo que no está prohibido, está permitido. No obstante, esta interpretación puede llevar a transgresiones al ordenamiento jurídico, puesto que la Constitución ecuatoriana establece principios fundamentales que protegen los derechos de los trabajadores.

El uso del polígrafo puede vulnerar derechos constitucionalmente reconocidos, como el derecho a la dignidad, a la integridad personal, y a la libertad de trabajo, entre otros. Las pruebas basadas en este instrumento pueden afectar negativamente la confianza, y la percepción de integridad personal, creando un ambiente laboral hostil. Esto es especialmente problemático si se considera que los resultados no son concluyentes y pueden generar injusticias en la aplicabilidad de sanciones o decisiones de expedientes laborales.

A menudo, se confunde la capacidad del polígrafo para detectar mentiras con su propósito real: medir respuestas fisiológicas. Estos incluyen variantes como la presión arterial, el ritmo cardiaco, la respiración y la respuesta galvánica [6-26]. Dicha confusión puede llevar a interpretaciones erróneas, donde se asume que cualquier alteración en las respuestas fisiológicas indica deshonestidad. Sin embargo, estas reacciones pueden también ser el resultado de estados emocionales como ansiedad o estrés, que no son necesariamente sinónimo de mentira.

La falta de consentimiento informado del individuo que se somete a una prueba poligráfica plantea serias implicaciones éticas. La administración de esta prueba sin el pleno conocimiento y autorización de la persona involucrada puede ser considerada una violación de sus derechos a la intimidad y dignidad.

Además, el uso de pruebas de polígrafo puede acentuar la discriminación en el entorno laboral, especialmente si se aplican criterios como raza, género o religión en la selección de individuos para las pruebas. Tal conducta no solo es inmoral, sino que también infringe principios de igualdad y justicia que deben prevalecer en cualquier relación laboral.

Es fundamental reconocer que los resultados del polígrafo no deben ser el único factor determinante en decisiones que afecten la vida de los trabajadores [7-27]. La interpretación de estos resultados a menudo se ve empañada por factores subjetivos e interpretaciones erróneas por parte del examinador, lo que subraya la necesidad de considerar una variedad de evidencias antes de tomar decisiones que puedan influir adversamente en las trayectorias laborales de los individuos.

El interés que ha suscitado el polígrafo a lo largo de la historia entre políticos, académicos y expertos en diferentes disciplinas revela la complejidad y la controversia que rodea su uso [8-28]. El polígrafo puede capturar una variedad de reacciones fisiológicas; sin embargo, atribuir una única interpretación a esas reacciones es riesgoso y puede llevar a errores en la valoración de la veracidad de las declaraciones de un individuo. Por lo tanto, la implementación de un método neutrosófico en la evaluación de su uso en el ámbito laboral parece ser una opción válida para abordar los desafíos éticos y legales asociados.

2 Materiales y métodos

La presente sección describe el funcionamiento del método neutrosófico multicriterio para evaluar la viabilidad de la utilización del polígrafo en el campo laboral. El método basa su funcionamiento a partir de la lógica neutrosófica para representar la incertidumbre mediante la utilización de operadores para la agregación de información. La figura 1 muestra un esquema general del método propuesto.

Figura 1: Esquema general del método propuesto.

El método propuesto está diseñado para evaluar la viabilidad de la utilización del polígrafo en el campo laboral en Ecuador. Emplea un enfoque multicriterio multiexperto donde a partir de indicadores evaluativos se definen la base sobre la cual se realiza la inferencia. Posee una etapa de procesamiento que realiza el análisis matemático de la solución y por último se generan las evaluaciones, como parámetro de salida del método. El proceso está formado por cuatro actividades básicas, tal como se describe a continuación:

Actividad 1 definición de los criterios evaluativos:

La actividad de determinación de los criterios evaluativos, utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Consiste en obtener los criterios para evaluar la viabilidad de la utilización del polígrafo en el campo laboral. Se recomienda convocar y reunir entre 5 y 11 expertos como parte de un equipo multidisciplinario que participen en el proceso [9-29].

Actividad 2 determinación de los pesos asociados a los criterios:

A partir de los criterios obtenidos en la actividad anterior, se procede a realizar la valoración de estos para determinar los pesos asociados a cada vector. Se emplea la utilización de los expertos en el proceso como parte del desarrollo de la actividad propuesta.

Actividad 3 agregación de la información:

La agregación de información es la actividad más importante del método, representa un mecanismo utilizado en los sistemas de apoyo a la toma de decisiones, para la evaluación o decisión, consiste en la transformación de un conjunto de datos (conjunto difuso) en un único elemento [10-30].

Definición 1: Operador T-norma: Un operador $T: [0,1] * [0,1] \rightarrow [0,1]$ es un operador T-norma si cumple las siguientes propiedades:

1. Conmutativa $T(x,y) = T(y,x)$.
2. Asociativa $T(x,T(y,z) = T(T(x,y),Z)$.
3. Monótono creciente $T(x,y) > T(x,y)$ si $x \geq x' \cap y \geq y'$.
4. Elemento neutro $T(x,1) = x$.

Los operadores de agregación de información Suma Ponderada Ordenada (OWA) permiten la agregación de información de acuerdo a parámetros predefinidos, obteniéndose un valor representativo. Un decisor puede agregar la información en función del grado de optimismo o pesimismo deseado [11-31] .

Definición 2: Operador OWA: Una función $F: R^n \rightarrow R$, es un operador OWA de dimensión n si tiene un vector asociado W de dimensión n tal que sus componentes satisfagan [12]:

1) $W_j \in [0,1]$,
2) $\sum_{j=1}^{n} W_j = 1$, y
3) $F(a_1, a_2, , , a_n) = \sum_{j=1}^{n} W_j b_j$

Donde b_j es el J-ésimo más grande de los a_j.

Se puede expresar el operador agregación mediante una notación vectorial tal como se representa en la ecuación 1:

$$F(a_1, a_2 .. a_n) = W^t B \quad (1)$$

Donde:

W: es el vector OWA de peso asociado con la agregación.

B: es el vector agregado ordenado, donde el j-ésimo más grande componente de B es b_j siendo este el j-ésimo más grande de los a_i.

Los números neutrosóficos se pueden expresar en la lógica neutrosófica como se muestra en [13, 14]:

Definición 3: Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$,

Un valor neutrosófico es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , a partir de cada sentencia p se tiene [15-17]:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{2}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un operador OWA Neutrosófico como una 2-tupla (W,B) tal como representa la ecuación 3.

$$\mathrm{F}(\mathrm{a}_1, \mathrm{a}_2 .. \mathrm{a}_\mathrm{n}) = \mathrm{W}_{(\mathrm{T,I,F})}{}^{\mathrm{t}}\mathrm{B}_{(\mathrm{T,I,F})} \tag{3}$$

Donde:

W: es el vector OWA de peso asociado con la agregación que posee un espacio de verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

B: es el vector agregado ordenado, donde el j-ésimo más grande componente de B es b_j siendo este el j-ésimo más grande de los a_i, que posee un espacio de verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F) [18-20]

El método propuesto basa el proceso de agregación mediante el operador OWA para números neutrosóficos [13, 14].

Actividad 4 generación de las evaluaciones:

Una vez agregada la información, se obtiene como resultado las evaluaciones derivadas del proceso, representan las informaciones la salida del método que evalúa la viabilidad de la utilización del polígrafo en el campo laboral ecuatoriano.

3 Resultados y discusión

La implementación del Método Neutrosófico Multicriterio busca evaluar la viabilidad de la utilización del polígrafo en el campo laboral en Ecuador. A continuación se describen los principales elementos del método implementado:

Actividad 1: definición de los indicadores evaluativos.

Para determinar los criterios evaluativos del Método Neutrosófico Multicriterio para evaluar la viabilidad de la utilización del polígrafo en el campo laboral, se convocó a un equipo multidisciplinario de 11 expertos. El panel de expertos que participó en la identificación de los criterios de evaluación está compuesto por profesionales con diversas disciplinas. Este equipo multidisciplinario incluye psicólogos, abogados, sociólogos, especialistas en recursos humanos y expertos en ética, lo que enriquece la discusión y promueve un enfoque integral para evaluar la viabilidad del uso del polígrafo en el ámbito laboral. La combinación de sus conocimientos y experiencias permite abordar el tema desde múltiples perspectivas, garantizando que se consideren tanto las dimensiones psicológicas y sociales como las legales y éticas. La Tabla 1 muestra los criterios obtenidos.

Tabla 1: Criterios evaluativos.

Criterios	Descripción
C_1	Validez científica: Este criterio evalúa si el polígrafo tiene una base científica sólida que respalde su capacidad para medir con precisión las respuestas fisiológicas asociadas con la veracidad. Se considerarían estudios y evidencia empírica que demuestren la efectividad y fiabilidad de este instrumento en contextos laborales.
C_2	Impacto en derechos humanos: Este criterio examina las posibles implicaciones del uso del polígrafo en los derechos fundamentales de los trabajadores, como el derecho a la privacidad, la dignidad y la libertad de trabajo. Se evaluará si su implementación podría conducir a violaciones de estos derechos esenciales.
C_3	Aceptación y consentimiento informado: Se investigará el nivel de aceptación del polígrafo por parte de los empleados y la comprensión que tienen sobre el proceso. Esto incluye la evaluación del consentimiento informado, asegurando que los individuos que se someten a la prueba lo hagan de manera voluntaria y con pleno conocimiento de los procedimientos y consecuencias.
C_4	Efectos en el clima laboral: Este criterio se centra en cómo la implementación del polígrafo podría afectar las dinámicas dentro del entorno laboral, analizando si su uso puede generar desconfianza, ansiedad o un clima hostil, así como su influencia en la moral y la cohesión del equipo.

Criterios	Descripción
C_5	Equidad y no discriminación: Se evaluará la posibilidad de que el uso del polígrafo en la selección de personal y en otros procesos laborales perpetúe desigualdades o discriminaciones, ya sea por raza, género, religión u otras características. Este criterio buscará asegurar que la aplicación de estas pruebas se realice de manera justa y equitativa.

Actividad 2 determinación de los pesos asociados a los criterios:

Con el empleo de un enfoque mutiexperto y tomando como referencia los resultados obtenidos hasta el momento, se determinan los pesos atribuidos a casa criterios. En el proceso participó el equipo multidisciplinario, los cuales emitieron sus valoraciones. Como resultado final se obtuvieron los vectores de pesos asociados a cada criterio. La tabla 2 muestra los resultados obtenidos después de la agregación de los resultados emitidos por los expertos.

Tabla 2: Vectores de pesos asociados a los criterios.

Criterio	W (T, I, F)
C_1	[0,5, 0.10,0.15]
C_2	[0.75, 0.10,0.10]
C_3	[0,5, 0.10,0.15]
C_4	[0.80, 0.25,0.20]
C_5	[0,5, 0.10,0.15]

Actividad 3 agregación de la información:

A partir del procesamiento que se realiza de entre los vectores de pesos asociados de los criterios y las preferecias obtenidas de la evaluación, se realiza el proceso de agregación de información a partir de lo expresado en la ecuación 3. Para el proceso de agregación se realiza un ordenamiento de los indicadores evaluativos. La tabla 3 presenta el resultado de los valores obtenidos durante el proceso de agregación.

Tabla 3: Resultado del proceso de agregación.

Criterio	Pesos	Preferencias	Agregación
C_1	[0,5, 0.10,0.15]	[0,5, 0.10,0.15]	[0,4, 0.10,0.15]
C_2	[0.75, 0.10,0.10]	[0.15, 0.10,0.10]	[0,45, 0.10,0.15]
C_3	[0,5, 0.10,0.15]	[0,5, 0.10,0.15]	[0,5, 0.10,0.15]
C_4	[0.80, 0.25,0.20]	[0.15, 0.10,0.10]	[0,47, 0.10,0.15]
C_5	[0,5, 0.10,0.15]	[0,5, 0.10,0.15]	[0,5, 0.10,0.15]
Índice			[0.40, 0.10,0.10]

Actividad 4 generación de las evaluaciones:

A partir del análisis referido de los datos de la tabla 3 se genera la evaluación final del Método Neutrosófico Multicriterio, donde se identificó que el índice general sobre viabilidad de la utilización del polígrafo en el campo laboral ecuatoriano es de un 0.40, representando un bajo índice para el caso objeto de estudio.

4 Discusiones

El uso del polígrafo en el ámbito laboral ha suscitado un amplio debate sobre su validez y confiabilidad como herramienta para la evaluación de candidatos y la gestión de personal. Un aspecto crítico de esta discusión es que los resultados de las pruebas de polígrafo no deben influir en decisiones tan drásticas como el despido o la desvinculación laboral. Esto es particularmente pertinente dada la falta de certeza científica que rodea a estas pruebas, que presentan un margen de error que puede comprometer la justicia y equidad en el tratamiento de los trabajadores.

La escasa confiabilidad del polígrafo se debe a su incapacidad para proporcionar respuestas objetivas y definitivas. Por lo tanto, imponer una sanción disciplinaria basada únicamente en los resultados de esta prueba podría vulnerar derechos humanos esenciales [21]. El uso del polígrafo debe ser enmarcado en un contexto regulado por expertos en la materia; sin embargo, surge la interrogante sobre quién califica como experto en la administración de esta herramienta. Estas dudas sobre la competencia profesional y la correcta aplicación del test son recurrentes, y muchas de ellas quedan sin respuesta, lo que pone en entredicho la validez de los resultados obtenidos.

Adicionalmente, el comportamiento del evaluador poligráfico puede afectar notablemente la interpretación de los resultados. La influencia de factores cognitivos, emocionales y conductuales puede sesgar la interpretación de las respuestas fisiológicas, lo que resalta la importancia de la objetividad y profesionalismo del evaluador en el proceso. La integridad del examen poligráfico depende no solo del instrumento, sino también de la calidad del juicio

del operador [22].

La aplicación del polígrafo como parte del proceso de selección laboral plantea serias preocupaciones sobre la violación de derechos humanos fundamentales. Al poner en duda la buena fe y la honestidad del candidato, este método puede socavar valores personales esenciales, además de dejar una marca negativa en su expediente. Un resultado adverso en una prueba de polígrafo puede ser motivo suficiente para descartar automáticamente a una persona de una oportunidad de empleo, lo que resulta en una forma de discriminación laboral [23].

Asimismo, las preguntas planteadas en estos exámenes pueden ser consideradas intrusivas y violatorias de la privacidad personal. Preguntas referidas al consumo de drogas, relaciones familiares con personas delictivas, o antecedentes penales, son cada vez más comunes en el ámbito laboral, no importa el tipo de organización ni las responsabilidades del cargo. Esta tendencia representa una invasión de la privacidad que no debería ser tolerada en un entorno laboral respetuoso [24].

Bajo el marco legal ecuatoriano, es relevante considerar el Caso N°. 10-87-20-EP, que fue presentado ante la Corte Constitucional. En este caso, el tribunal resolvió que el polígrafo carece de valor probatorio y contundencia en procesos jurídicos, afirmando que su uso no debe ser considerado como un medio válido para tomar decisiones laborales. Este antecedente legal resalta la debilidad de la herramienta y su escasa utilidad en la protección de los derechos laborales.

De hecho, la posición de la Corte enfatiza que las pruebas de polígrafo no constituyen evidencia suficiente para respaldar decisiones administrativas que afecten a trabajadores actuales o aspirantes. Este pronunciamiento refuerza la necesidad de la legislación que regule adecuadamente el uso del polígrafo y proteja los derechos fundamentales de los individuos en el ámbito laboral.

La evaluación generada por el Método Neutrosófico multicriterio para evaluar la viabilidad de la utilización del polígrafo en el campo laboral, sugiere que el uso del polígrafo en el ámbito laboral debe ser abordado con cautela y responsabilidad. Es esencial que se garantice el respeto a los derechos humanos y la dignidad de los trabajadores, evitando prácticas que puedan resultar en discriminación o injusticia. La falta de regulación y la escasa fiabilidad del polígrafo subrayan la necesidad de implementar métodos alternativos basados en enfoques más éticos y efectivos para la evaluación de candidatos y la gestión de personal en Ecuador.

5 Conclusión

A partir del análisis realizado mediante el Método Neutrosófico Multicriterio, se concluye que el índice general sobre la viabilidad de la utilización del polígrafo en el campo laboral ecuatoriano es de 0.40, lo que indica un bajo nivel de aceptación y respaldo para su implementación. Este resultado sugiere que existen preocupaciones significativas respecto a aspectos éticos, legales y sociales relacionados con el uso del polígrafo, tales como la vulneración de derechos humanos, el impacto negativo en el clima laboral y el riesgo de discriminación en el proceso de selección. La investigación destaca la necesidad de considerar alternativas más justas y equitativas en la evaluación del personal, así como la importancia de establecer un marco normativo claro que regule el uso de este tipo de herramientas en el ámbito laboral. En consecuencia, la implementación del polígrafo en este contexto no se justifica, y se recomienda a los responsables de la toma de decisiones que busquen métodos de evaluación más integrales y respetuosos con los derechos de los trabajadores.

Referencias

[1] M. Böse, “Human Rights and Legal Limits on the Use of Deception Detection Methods,” *European Psychologist*, 2014.

[2] K. Ruma, “The Effectiveness of Polygraph Test: An Analysis,” *Issue 5 Indian JL & Legal Rsch.,* vol. 4, pp. 1, 2022.

[3] Á. Budaházi, “Conditions and Requirements of Polygraph Examination,” *European Polygraph,* vol. 6, no. 3 (21), pp. 161-180, 2012.

[4] M. Berber, “Practical Application of the Polygraph,” *Newsletter on the Results of Scholarly Work in Sociology, Criminology, Philosophy and Political Science,* vol. 2, no. 2, pp. 52-61, 2021.

[5] C. A. I. Ramírez, J. L. O. Acosta, and R. R. Molina, “El principio constitucional de presunción de inocencia y el polígrafo en la Policía Nacional del Ecuador,” *Opuntia Brava,* vol. 16, no. 3, pp. 1-15, 2024.

[6] F. Chen, "Investigations: Polygraph Use," *Encyclopedia of Security and Emergency Management*, pp. 587-595: Springer, 2021.

[7] A. Y. Tsygankov, and A. A. Kravchuk, “Use of special technical means (polygraph) on personnel recruitment in corporate structures,” *Вестник университета*, pp. 101, 2024.

[8] D. Spasojevic, and J. Vlajnic, “Normative Aspect of Polygraph Examination in Criminal Procedure and its Application Outside Criminal Procedure with Reference to Polygraph Examination of Candidates for Employment and Employees,” *Employment, education and entrepreneurship*, pp. 181, 2021.

[9] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[10] R. Mesiar, L. Šipeky, P. Gupta, and J. LeSheng, "Aggregation of OWA operators," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems,* vol. 26, no. 1, pp. 284-291, 2017.

[11] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.

[12] R. R. Yager, "OWA aggregation with an uncertainty over the arguments," *Information Fusion,* vol. 52, pp. 206-212, 2019.

[13] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[14] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[15] F. Smarandache, S. Broumi, P. K. Singh, C.-f. Liu, V. V. Rao, H.-L. Yang, I. Patrascu, and A. Elhassouny, "Introduction to neutrosophy and neutrosophic environment," *Neutrosophic Set in Medical Image Analysis*, pp. 3-29: Elsevier, 2019.

[16] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, "Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference)," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

[17] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[18] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[19] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[20] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[21] F. F. Carbajal Bustamante, "El uso del polígrafo en el Ecuador: derechos vulnerados y fortalecidos en los procesos de selección de capital humano," 2022.

[22] M. L. Gallego Betancourt, *Factores internos y externos en el desarrollo de la prueba poligráfica. Dirección de Escuelas de Policía*, 2019.

[23] L. G. Z. Contreras, and Z. J. P. Salgado, "Los derechos humanos y la prueba del polígrafo en las evaluaciones de control de confianza aplicables a integrantes y/o aspirantes de las instituciones de seguridad pública y privada en el Estado de México," *In Jure Anáhuac Mayab*, no. 14, pp. 15-34, 2019.

[24] O. A. L. Cortés, "El uso del polígrafo en los procesos de selección laboral: un caso de vacío legal en el sistema jurídico colombiano," *Via Inveniendi Et Iudicandi,* vol. 10, no. 2, pp. 57-75, 2015.

[25] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[26] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[27] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[28] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[29] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[30] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[31] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 24, 2025. Aceptado: marzo 14, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para evaluar un nuevo material compuesto polipropileno y cañamo para el reemplazo de los actuales materiales que conforman las puertas en los vehículos

Neutrosophic method to evaluate a new polypropylene and hemp composite material for the replacement of current door materials in vehicles

Vinicio Sebastián Ribadeneira Ramírez [1], Juan Diego Zurita Vargas [2], and Antonio Gabriel Castillo Medina [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.viniciorr76@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.juanzv40@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.antoniocm83@uniandes.edu.ec

Resumen. La selección de nuevos materiales para reemplazar los actuales que conforman las puertas de vehículos es esencial para mejorar la eficiencia energética, reducir costos y minimizar el impacto ambiental. En este contexto, el objetivo de la investigación es implementar un método neutrosófico para evaluar los materiales más convenientes en esta aplicación. La metodología neutrosófica, que se basa en la teoría de conjuntos neutrosóficos, permite abordar la incertidumbre y la imprecisión en la evaluación de materiales. Este enfoque facilitará la integración de diversas variables cualitativas y cuantitativas, como el costo, la resistencia mecánica, la durabilidad y el impacto ambiental de los materiales, permitiendo una clasificación más completa y realista de las opciones seleccionadas. Los materiales candidatos incluyen aleaciones de metales ferrosos y no ferrosos, polímeros termoplásticos y compuestos, que han demostrado ser más ligeros y, en muchos casos, superiores en rendimiento comparados con el acero YS170. A través de la asignación de funciones de evaluación neutrosófica a estos materiales, se logrará un análisis multidimensional, donde se considerarán las preferencias y restricciones específicas del diseño. Al final del proceso, este enfoque permitirá identificar un conjunto optimizado de materiales que cumplan con los requisitos de diseño y funcionalidad, contribuyendo así a la evolución sostenible de la industria automotriz y al desarrollo de puertas de vehículos más eficientes y seguras.

Palabras Claves: método neutrosófico multicriterio, nuevos materiales, sintetizador, auditoría ecológica, menor costo, máxima resistencia mecánica, seguridad automotriz

Abstract. The selection of new materials to replace the current ones used in vehicle doors is essential to improve energy efficiency, reduce costs, and minimize environmental impact. In this context, the objective of this research is to implement a neutrosophic method to evaluate the most suitable materials for this application. The neutrosophic methodology, which is based on neutrosophic set theory, addresses uncertainty and imprecision in material evaluation. This approach will facilitate the integration of various qualitative and quantitative variables, such as cost, mechanical strength, durability, and environmental impact, allowing for a more complete and realistic ranking of the selected options. Candidate materials include ferrous and non-ferrous metal alloys, thermoplastic polymers, and composites, which have been shown to be lighter and, in many cases, superior in performance compared to YS170 steel. By assigning neutrosophic evaluation functions to these materials, a multidimensional analysis will be achieved, taking into account specific design preferences and constraints.
At the end of the process, this approach will identify an optimized set of materials that meet the design and functional requirements, thus contributing to the sustainable evolution of the automotive industry and the development of more efficient and safer vehicle doors.

Keywords: multicriteria neutrosophic method, new materials, synthesizer, green audit, lower cost, maximum mechanical strength, automotive safety

1 Introducción

La industria automotriz se enfrenta a un constante desafío en la búsqueda de mejoras en la producción, reducción de costos y peso, sin comprometer la durabilidad de los componentes. En el contexto específico de las puertas de vehículos, es fundamental realizar un análisis exhaustivo de los materiales actualmente utilizados y explorar alternativas que optimicen la relación peso-costo. Según [1], la composición de las puertas, que generalmente incluye aleaciones ferrosas como el acero YS170, desempeña un papel crucial en el rendimiento del vehículo, así como en su eficiencia de combustible. La reducción del peso no solo contribuye al ahorro de combustible, sino que también puede mejorar la eficiencia energética general del automóvil.

En la última década, ha crecido el uso de poliolefinas termoplásticas (TPO), como el polipropileno, en la industria automotriz, destacándose por sus ventajas en desempeño y seguridad. Este cambio en el material de fabricación ha llevado a un aumento notable en su aplicación. Por ejemplo, el porcentaje de parachoques fabricados con TPO pasó del 9% en 1995 al 67% en 2005, a expensas de otros plásticos tradicionales, como policarbonatos y tereftalatos de polibutileno, cuya producción disminuyó. Estas cifras reflejan una tendencia hacia la selección de materiales que no solo son más ligeros, sino que también ofrecen mejores propiedades físicas y mecánicas, que son esenciales en la arquitectura automotriz.

La selección de nuevos materiales para las puertas de vehículos debe considerar no solo las propiedades mecánicas y físicas, sino también la sostenibilidad ambiental durante su producción. Como señala [2], una opción es adoptar materiales cuya síntesis genera un menor impacto ambiental. En este sentido, se pueden considerar materiales de diferentes familias, incluyendo metálicos como el aluminio, plásticos como el polipropileno, y compuestos que combinan las mejores características de varios tipos de materiales. Sin embargo, es necesario evaluar cómo se comportan estos nuevos materiales en comparación con alternativas tradicionales, como el acero.

Desde un punto de vista económico, [3] menciona la importancia de desarrollar modelos de costo que consideren todos los aspectos del proceso de producción. Esto es especialmente relevante en Ecuador, donde la falta de industria local en la producción de componentes automotrices significa que debemos basar los costos en el análisis del mercado comercial de repuestos y autopartes. Un análisis detallado sobre el costo-beneficio de los diferentes materiales es crucial para determinar cuáles ofrecen la mejor relación entre precio, peso y rendimiento funcional.

Dado el amplio rango de 4.182 materiales clasificados en diferentes familias, la preselección debe enfocarse en materiales que cumplan con los requisitos estructurales y de resistencia, sobre todo en aplicaciones que requieren una alta capacidad de absorción de impactos, como las puertas de vehículos. Las familias de materiales que podrían ser consideradas (Figura 1) incluyen cerámicas técnicas, metales y aleaciones, composites, y plásticos, entre otros, cada uno con sus propias ventajas y desventajas en términos de costo, peso y sustentabilidad.

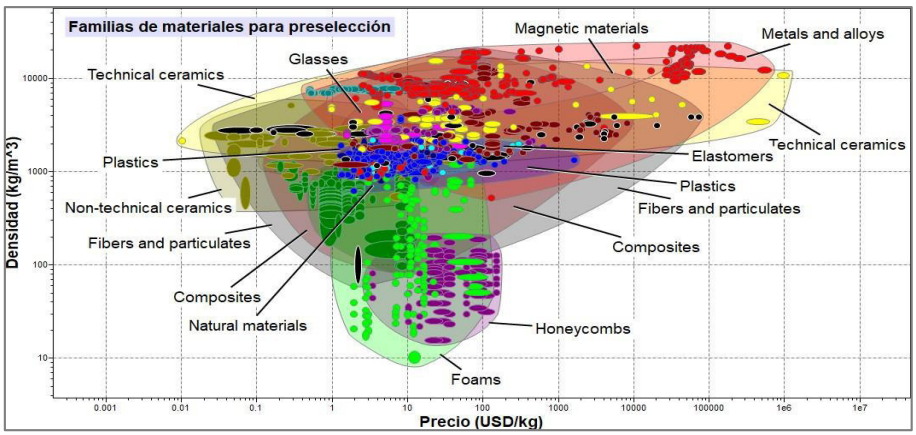


Figura 1. Agrupamiento de familias de materiales según la estructura molecular según con la función Densidad vs. Precio.
Fuente: [4]

En esta investigación se busca seleccionar los mejores materiales en cuanto a las propiedades físicas y mecánicas para aplicaciones automotrices con el objetivo de reducir los costos de producción y aumentar la eficiencia energética por la relación peso – potencia de un vehículo. Para realizar la preselección de las familias de materiales idóneas para iniciar la investigación se debe considerar los materiales que actualmente conforman el elemento automotriz, en este caso se selecciona las puertas de vehículos por ser el elemento que este sujeto a diferentes tipos de impactos externos y en caso de colisiones con gran deformación, se pueden convertir en elementos peligrosos para los ocupantes. La investigación sobre nuevos materiales para las puertas de vehículos debe abordar tanto la eficacia en la funcionalidad como el costo y el impacto ambiental. Esta proyección no solo afectará la producción

automotriz, sino que también contribuirá a avances importantes en la reducción de emisiones y en la sostenibilidad de la industria en general.

2 Preliminares

La selección de materiales en ingeniería es una actividad clave para garantizar que los componentes, como las puertas de vehículos, cumplan con los requisitos funcionales y de rendimiento esperados. Según [5], se debe seguir un proceso estructurado que descomponga el problema en varias etapas. Este enfoque permite un análisis detallado que optimiza la selección de materiales en función de varios criterios, tal como muestra la figura 2:

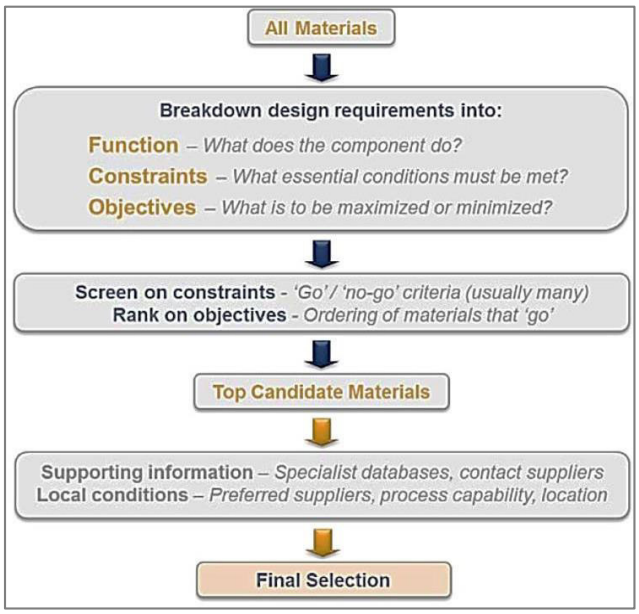


Figura 2. Metodología para la selección de materiales en ingeniería [5].

La primera etapa es desglosar los requisitos de diseño, que se organizan en tres elementos esenciales: función, restricciones y objetivos. En cuanto a la función, es vital definir claramente qué rol desempeña el componente dentro del vehículo. Las restricciones son condiciones que los materiales deben cumplir para su correcta implementación; por ejemplo, en el caso de las puertas de un automóvil, la resistencia a la temperatura y propiedades mecánicas específicas son fundamentales. Finalmente, los objetivos se centran en maximizar o minimizar ciertas propiedades, como el peso, el costo o la durabilidad del material [6].

La evaluación de las restricciones es crítica, ya que se establece un sistema de criterios de aprobar o no aprobar materiales que no cumplen con los requisitos fundamentales. Este proceso de clasificación facilita la priorización de candidatos para el uso en paneles de puertas, limitando la selección a aquellos materiales que realmente son viables.

La recopilación de información de apoyo es otra actividad importante en el proceso de selección de materiales. Esto incluye acceder a bases de datos especializadas y conectarse con proveedores que ofrezcan acceso a materiales adecuados y confiables. También es relevante tener en cuenta las condiciones locales que impactan la disponibilidad y capacidad del proceso de producción, así como la ubicación de los proveedores preferidos en la región.

Al realizar un análisis realista de los materiales disponibles, es evidente que no todos los materiales avanzados son adecuados para la fabricación de paneles de puertas. Por ejemplo, los materiales cerámicos son inadecuados debido a su fragilidad, y las espumas, fibras y partículas no ofrecen la resistencia estructural necesaria. Por ello, se recomienda centrarse en una selección inicial que abarque exclusivamente las aleaciones de metales ferrosos (aceros) y no ferrosos (metales ligeros), así como polímeros termoplásticos y compuestos. Esta estrategia reduce el número de opciones viables a 2,444 de un total de 4,249 materiales disponibles, facilitando la identificación de los candidatos más adecuados.

Durante el proceso de selección de materiales, se deben establecer restricciones específicas relacionadas con el rendimiento térmico y mecánico. Por ejemplo, las condiciones térmicas deben considerar la resistencia a la temperatura, que varía entre -15°C y +90°C. Se deben evaluar criterios como punto de fusión, temperatura máxima y mínima de servicio, y conductividad térmica, que son cruciales para el desempeño del material en condiciones cambiantes [7].

En el ámbito de las propiedades mecánicas, resulta esencial establecer un límite de resistencia a la fluencia o límite elástico superior a 22.4 MPa, junto con otras propiedades como el módulo de Young, la verdadera tensión-deformación plástica, resistencia a la tracción, dureza y resistencia a la fatiga. Factores como la rigidez específica, el alargamiento y la energía elástica almacenada también son relevantes para asegurar la integridad estructural de las puertas ante impactos [8].

La selección de las familias de materiales para los paneles de puertas de automóviles debe realizarse teniendo en cuenta parámetros específicos que reflejen las restricciones establecidas previamente. A partir de un análisis comparativo, es posible utilizar métodos estadísticos, como la curva decreciente de distribución de Pareto, para identificar los materiales más adecuados en relación con el uso común del acero YS170 en la industria automotriz.

En este proceso, se destacan diversos tipos de materiales, incluyendo termoplásticos, compuestos y aleaciones de metales ferrosos y no ferrosos. Los polímeros, particularmente los polipropilenos, emergen como opciones atractivas, especialmente aquellos con un 40% de contenido de talco, que a pesar de tener un costo ligeramente superior, ofrecen una significativa reducción de peso. Por otro lado, las fibras de vidrio de poliéster son reconocidas por su mayor ligereza y menor costo, aunque su acabado superficial puede ser inferior en comparación con otras alternativas [9-25].

Entre las aleaciones metálicas, el magnesio y sus compuestos son valorados por su bajo peso, aunque su costo suele ser elevado. En el rango de materiales avanzados, las fibras de carbono con resinas epoxídicas presentan el beneficio de un peso muy bajo; sin embargo, su alto costo puede limitar su viabilidad para aplicaciones en puertas de vehículos. Además, los compuestos de berilio son descartados debido a su alta toxicidad y costo.

Antes de decidir la selección final de materiales, es crucial explorar la posibilidad de sintetizar nuevos compuestos combinando materiales de diferentes familias. Considerando el polipropileno como la matriz base y el cáñamo como una fibra quasi-isotrópica, se busca crear compuestos innovadores que ofrezcan un equilibrio entre rendimiento y costo. Este enfoque promueve la creación de un nuevo material compuesto polipropileno y cañamo, que se muestra en la figura 3:

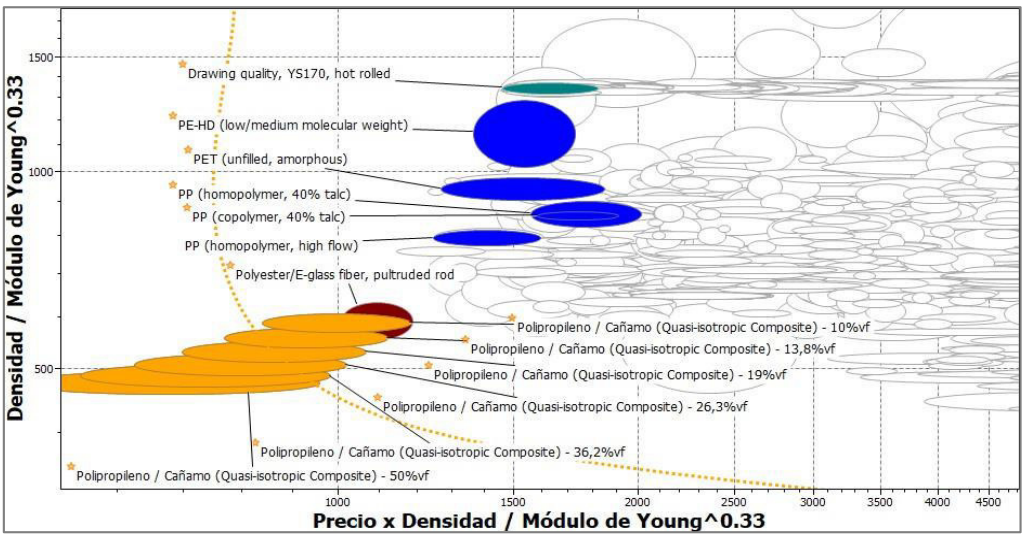


Figura 3. Resultado de la sintetización del nuevo material compuesto polipropileno y cáñamo.

El desarrollo de estas combinaciones permite evaluar diferentes propiedades y optimizar el rendimiento de los paneles de puertas en términos de coste, peso y funcionalidad. Al aplicar el enfoque de la curva de Pareto, se pueden identificar y priorizar los mejores materiales, asegurando así que la selección final no solo sea técnica y económicamente viable, sino también alineada con las tendencias actuales en la sostenibilidad y desarrollo de productos innovadores en la industria automotriz. La selección de materiales para paneles de puertas de automóviles debe ser un proceso meticuloso y fundamentado. Siendo necesario identificar y valorar adecuadamente los materiales que maximizan el rendimiento, garantizando al mismo tiempo la viabilidad económica y la sostenibilidad ambiental de los componentes automotrices.

3 Diseño del método neutrosófico multicriterio para evaluar un nuevo material compuesto polipropileno y cañamo para paneles de puertas de automóviles

Actividad 1: Identificación los indicadores de evaluación

Representa el conjunto de criterios que se evalúan sobre la efectividad, utilidad y eficacia de un nuevo material compuesto polipropileno y cañamo para paneles de puertas de automóviles. El conjunto de criterios representan un parámetro de entrada del método propuesto, se sustenta mediante un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\}$, n ≥ 2, indicadores que representan los criterios evaluativos.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios evaluativos

En esta actividad se determinan los vectores de pesos asociados a los criterios. Representa un parámetro para el proceso de inferencia [10-24]. Se basa en un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\}$, $m \geq 2$, donde E, representa los expertos que determinan los vectores de pesos asociados a los criterios evaluativos.

Actividad 3: Evaluación de los criterios

La actividad representa el procesamiento del método de inferencia para evaluar un nuevo material compuesto polipropileno y cañamo para paneles de puertas de automóviles. El procesamiento de los datos se realiza mediante la ponderación lineal neutrosófica [11, 12, 22, 23] que constituye un método multicriterio. La ponderación lineal neutrosófica representa una alternativa a los métodos multicriterios clásicos. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 1.

$$R_i = \sum_j W_j \, r_{ij} \tag{1}$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto m de alternativas y *n* criterios. Para cada criterio *j* el decisor estima cada alternativa *i*. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio . Se asigna un peso $W_j(j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j.

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [13-21]. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [12, 14, 20]. Un número neutrosófico (N) se representa de la siguiente forma [15]:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$, una evaluación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia *p* se tiene:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{2}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 3.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)} \, r_{ij(T,I,F)} \tag{3}$$

Donde:

- $R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- $W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_j$ asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- $r_{ij:}$ representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

4 Resultados y discusión

A continuación se realiza una descripción de la corrida por etapa del Método neutrosófico multicriterio para evaluar un nuevo material compuesto polipropileno y cañamo para paneles de puertas de automóviles. Se realizará en vehículos de turismo de prueba equipados con puertas con este material.

Actividad 1: Identificación los criterios evaluativos

Para la identificación de criterios que evalúen el nuevo material compuesto polipropileno y cañamo para paneles de puertas de automóviles, se consultó a un panel de expertos compuesto por profesionales de diversas áreas relevantes. Este panel incluye ingenieros de materiales, diseñadores automotrices, expertos en sostenibilidad, así como economistas especializados en la industria automotriz. Cada miembro del panel aporta una perspectiva única, facilitando un enfoque multidisciplinario que es crucial para la evaluación neutrosófica. Los ingenieros de materiales se encargan de analizar las propiedades mecánicas y térmicas del nuevo compuesto, mientras que los diseñadores automotrices examinan su viabilidad estética y funcional en el contexto de un vehículo. Los expertos en sostenibilidad evalúan el impacto ambiental del uso de cáñamo y polipropileno, considerando factores como la producción y el reciclaje, y los economistas aportan análisis sobre costos y beneficios económicos en comparación con materiales tradicionales. La tabla 1 muestra los criterios resultantes.

Tabla 1: Criterios evaluativos definidos por el panel de expertos.

No	Criterio
C_1	Peso: Se evalúa la masa del material compuesto, ya que la reducción de peso en las puertas puede impactar significativamente en la eficiencia del combustible del vehículo.
C_2	Costo de materiales: Análisis del costo de adquisición del polipropileno y cáñamo en comparación con materiales convencionales como el acero y el aluminio.
C_3	Resistencia a la tracción: Medición de la capacidad del material para resistir fuerzas de tracción antes de que ocurra la ruptura.
C_4	Rigidez: Se refiere a la resistencia del material a la deformación bajo carga, crucial para mantener la integridad estructural de las puertas.
C_5	Durabilidad: Evaluación de la resistencia del compuesto a condiciones ambientales adversas y su capacidad para mantener propiedades mecánicas a lo largo del tiempo.
C_6	Impacto ambiental: Análisis del ciclo de vida del material, incluyendo su producción, uso y reciclaje, para determinar su huella ecológica.
C_7	Propiedades térmicas: Evaluación de la resistencia a la temperatura y la conducta del material ante variaciones térmicas, que afectan la funcionalidad de las puertas.
C_8	Facilidad de Fabricación: Análisis de la viabilidad y eficiencia de los procesos de fabricación requeridos para producir componentes de puertas con este material.
C_9	Resistencia al impacto: Se evalúa la capacidad del material para absorber energía durante un choque, fundamental para la seguridad del vehículo.
C_{10}	Acabado superficial: Consideración de la calidad estética y técnica del acabado final, que impacta en la percepción del cliente y en la calidad del producto.
C_{11}	Compatibilidad con otros materiales: Evaluación de cómo el compuesto se integra y interactúa con otros materiales usados en la fabricación de vehículos.
C_{12}	Módulo de elasticidad: Medida de la relación entre tensión y deformación, relevante para determinar el comportamiento del material bajo carga.
C_{13}	Tenacidad: Capacidad del material para absorber energía y deformarse plásticamente, evitando fracturas bajo carga extrema.
C_{14}	Estabilidad dimensional: Evaluación de cómo el material reacciona a cambios ambientales que afectan su forma y tamaño.
C_{15}	Comportamiento frente a la fatiga: Análisis de la resistencia del material a ciclos repetidos de carga y descarga, lo que afecta su longevidad.
C_{16}	Propiedades acústicas: Evaluación de cómo el material contribuye a la reducción del ruido en el interior del vehículo.
C_{17}	Reciclabilidad: Consideración de la facilidad con la que el material puede ser reciclado al final de su vida útil, contribuyendo a la sostenibilidad.
C_{18}	Aceptación del Mercado: Evaluación de la percepción del consumidor sobre el material y su disposición a aceptar vehículos con puertas hechas de este compuesto.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios evaluativos

La actividad emplea un enfoque multiexperto para la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios para evaluar un nuevo material compuesto polipropileno y cañamo para paneles de puertas de automóviles. La actividad representa la base para el procesamiento de las inferencias. La escala de términos lingüísticos a utilizar se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Escala de términos lingüísticos.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

La tabla 3 muestra el resultado de los vectores de pesos atribuidos a los criterios evaluativos.

Tabla 3: Pesos asociados a los criterios evaluativos.

Criterios evaluativos	Pesos neutrosófico asociados
C_1	(0.70,0.25,0.30)
C_2	(0.8,0,15,0.20)
C_3	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	(0.70,0.25,0.30)
C_5	(1,0,0)
C_6	(0.8,0,15,0.20)
C_7	(0.9, 0.1, 0.1)
C_8	(1,0,0)
C_9	(0.8,0,15,0.20)
C_{10}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{11}	(0.70,0.25,0.30)
C_{12}	(0.8,0,15,0.20)
C_{13}	(0.70,0.25,0.30)
C_{14}	(1,0,0)
C_{15}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{16}	(0.8,0,15,0.20)
C_{17}	(0.70,0.25,0.30)
C_{18}	(0.8,0,15,0.20)

Actividad 3: Evaluación de los criterios para un nuevo material compuesto polipropileno y cañamo para paneles de puertas de automóviles

Para obtener los resultados a partir de los métodos propuestos se hace uso de la Neutrosofía y en particular de la escala lingüística, S, $v_{kj} \in S$, donde; $S=\{s_1,\ldots,s_g\}$ es el conjunto de término lingüísticos definidos para evaluar las características c_k utilizando los números Neutrosóficos de Valor Único (SVN), para el análisis de los términos lingüísticos resultantes. El análisis se realiza a partir de la escala de términos lingüísticos y los resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Tabla para determinar las preferencias sobre los criterios evaluativos.

Criterios evaluativos	Valor Neutrosófico
C_1	(1,0,0)
C_2	(0.70,0.25,0.30)
C_3	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	(0.9, 0.1, 0.1)
C_5	(0.9, 0.1, 0.1)
C_6	(0.70,0.25,0.30)
C_7	(0.9, 0.1, 0.1)
C_8	(0.9, 0.1, 0.1)
C_9	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{10}	(1,0,0)
C_{11}	(1,0,0)
C_{12}	(1,0,0)
C_{13}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{14}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{15}	(1,0,0)
C_{16}	(1,0,0)
C_{17}	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{18}	(1,0,0)

A partir de la Ponderación Lineal Neutrosófica propuesta para el método, se realiza el cálculo para evaluar un nuevo material compuesto polipropileno y cañamo para el reemplazo de los actuales materiales que conforman las puertas en los vehículos. La tabla 5 nuestra los datos y el resultado del procesamiento a partir del cálculo de la ecuación 3.

Tabla 5: Resultados del procesamiento.

Criterios	Valor neutrosófico de preferencia	Vector de peso neutrosófico	Inferencia
C_1	(0.70,0.25,0.30)	(1,0,0)	(0.85,0,15,0.20)
C_2	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.70,0.25,0.30)	(0.8,0,15,0.20)
C_3	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	(0.70,0.25,0.30)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.8,0,15,0.20)
C_5	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_6	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.70,0.25,0.30)	(0.8,0,15,0.20)
C_7	(0.70,0.25,0.30)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.8,0,15,0.20)
C_8	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.8,0,15,0.20)
C_9	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{10}	(0.70,0.25,0.30)	(1,0,0)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{11}	(0.9, 0.1, 0.1)	(1,0,0)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{12}	(0.9, 0.1, 0.1)	(1,0,0)	(0.85,0,15,0.20)
C_{13}	(0.70,0.25,0.30)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.95, 0.1, 0.1)
C_{14}	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(1,0,0)
C_{15}	(0.9, 0.1, 0.1)	(1,0,0)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_{16}	(0.70,0.25,0.30)	(1,0,0)	(0.85,0,15,0.20)
C_{17}	(1,0,0)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.95, 0.1, 0.1)
C_{18}	(1,0,0)	(1,0,0)	(0.85,0,15,0.20)
Inferencia RYGB			(0.86, 0.1, 0.1)

A partir de la inferencia obtenida, se concluye que la evaluación nuevo material compuesto polipropileno y

cañamo para paneles de puertas de automóviles, es Bueno, con un índice de 0.86.

5 Discusión

Tradicionalmente, la selección de materiales en ingeniería ha estado basada en la experiencia y el juicio de expertos o proveedores. Aunque este enfoque ha dado resultados satisfactorios en ocasiones, es necesario avanzar hacia metodologías más sistemáticas que garanticen resultados repetibles y auditables. Es fundamental que los criterios de selección sean claros y manejables, ya que la complejidad de los requisitos y restricciones puede dar lugar a decisiones que no optimicen los valores deseados [16]. La ausencia de un fundamento sistemático puede provocar problemas si el diseño necesita ser auditado o refinado. Un material ideal debería cumplir con todas las restricciones y simultáneamente maximizar o minimizar los objetivos establecidos al inicio de la investigación.

Dentro de los materiales ligeros, opciones como el aluminio y el magnesio superan al acero en términos de densidad y rendimiento. Por otro lado, el polipropileno (PP) reforzado con un 30% de fibra de vidrio es considerado el mejor en su categoría, acercándose en características mecánicas al PP reforzado con un 20% de talco, que presenta un acabado superficial superior. Este aspecto estético es crucial en la selección final, ya que influye en la aceptación del producto [17].

Es importante destacar que el costo de las materias primas no siempre se correlaciona directamente con los costos de fabricación, ya que factores como las rutas del proceso y el ensamblaje también afectan el costo final. Un ejemplo notable es el vehículo Smart ForTwo, que se ha convertido en el primer automóvil de producción en utilizar paneles completamente fabricados de polipropileno. Este avance es posible gracias a la combinación de materiales innovadores, como el compuesto de poliolefina termoplástica (TPO) denominado “Daplen ED230HP”, desarrollado por Borealis. Este tipo de material ya se está utilizando en otros modelos, como el Renault Modus y el Citroën C2, resaltando su potencial en la industria automotriz.

En la industria automotriz, uno de los objetivos clave es la reducción del peso de las estructuras del vehículo, donde una disminución del 10% en peso puede traducirse en un ahorro de combustible del 6 al 10%. Las familias de materiales evaluadas, como el aluminio, magnesio, polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP) y el polipropileno, son comparables al acero YS170 en términos de peso total [18]. El copolímero de polipropileno con fibra de vidrio destaca como la mejor opción en relación a ligereza y costo, aunque se requieren cálculos de elementos finitos para verificar la reducción total de peso. Adicionalmente, los compuestos de polieteretercetona (PEEK) con fibra de carbono podrían ofrecer reducciones de volumen significativas, aunque su alto costo puede ser una limitación para su adopción en el mercado. Estas consideraciones subrayan la necesidad de un enfoque sistemático en la evaluación y selección de materiales para la industria automotriz.

6 Conclusión

La investigación llevó a cabo la implementación de un Método Neutrosófico para evaluar la viabilidad de un nuevo material compuesto de polipropileno y cáñamo destinado al reemplazo de los materiales actuales en las puertas de vehículos. A través de un análisis exhaustivo que incorporó una serie de criterios evaluativos relevantes, se obtuvo un índice de evaluación de 0.82, lo que indica que el material compuesto es considerado bueno para su aplicación en la industria automotriz.

Este resultado sugiere que el compuesto de polipropileno y cáñamo no solo cumple con las restricciones y requisitos funcionales necesarios, sino que también ofrece un balance favorable entre costo, peso, durabilidad y sostenibilidad. Además, su implementación podría contribuir significativamente a la reducción del peso de las estructuras vehiculares, lo que a su vez podría traducirse en un ahorro de combustible y un menor impacto ambiental.

La evaluación positiva del nuevo material respalda la viabilidad de su uso en la manufactura de paneles de puertas de automóviles, y destaca la importancia de adoptar enfoques sistemáticos, como el Método Neutrosófico, en la selección de materiales innovadores. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de continuar explorando y desarrollando materiales alternativos que cumplan con los estándares contemporáneos de eficiencia y sostenibilidad en la industria automotriz.

Referencias

[1] D. R. Askeland, P. P. Phulé, W. J. Wright, and D. Bhattacharya, “The science and engineering of materials,” 2003.

[2] M. F. Ashby, *Materials and sustainable development*: Butterworth-Heinemann, 2022.

[3] W. D. Callister, and D. G. Rethwisch, *Fundamentals of materials science and engineering*: Wiley London, 2000.

[4] M. F. Ashby, H. Shercliff, and D. Cebon, *Materials: engineering, science, processing and design*: Butterworth-Heinemann, 2018.

[5] M. F. Ashby, H. Shercliff, and D. Cebon, *Introduction to Materials Science and Engineering: A Design-led Approach*: Butterworth-Heinemann, 2023.

[6] E. K. Petrović, B. Vale, and M. P. Zari, *Materials for a healthy, ecological and sustainable built environment: principles for evaluation*: Woodhead Publishing, 2017.

[7] M. F. Ashby, and D. Cebon, "Materials selection in mechanical design," *Le Journal de Physique IV,* vol. 3, no. C7, pp. C7-1-C7-9, 1993.

[8] L. Holloway, "Materials selection for optimal environmental impact in mechanical design," *Materials & Design,* vol. 19, no. 4, pp. 133-143, 1998.

[9] F. Giudice, G. La Rosa, and A. Risitano, "Materials selection in the life-cycle design process: a method to integrate mechanical and environmental performances in optimal choice," *Materials & Design,* vol. 26, no. 1, pp. 9-20, 2005.

[10] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[11] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, "Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.

[12] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[13] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[14] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[15] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[16] M. Kutz, *Materials and Mechanical Design*: Wiley Online Library, 2006.

[17] B. Dehghan-Manshadi, H. Mahmudi, A. Abedian, and R. Mahmudi, "A novel method for materials selection in mechanical design: combination of non-linear normalization and a modified digital logic method," *Materials & design,* vol. 28, no. 1, pp. 8-15, 2007.

[18] R. S. Khabbaz, B. D. Manshadi, A. Abedian, and R. Mahmudi, "A simplified fuzzy logic approach for materials selection in mechanical engineering design," *Materials & design,* vol. 30, no. 3, pp. 687-697, 2009.

[19] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[20] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[21] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[22] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[23] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[24] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[25] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 24, 2025. Aceptado: marzo 14, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para evaluar la trata de personas y la mendicidad infantil

Analytical Hierarchical Neutrosophic Analytical Process for Assessing Human Trafficking and Child Begging

Giovanna Fernanda Vinueza Arroyo [1], Jeannette Amparito Urrutia Guevara [2], and Meyvelin de Lourdes Balladares Ortiz [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.giovannavinueza@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.jeannetteurrutia@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. meyvelinbo96@uniandes.edu.ec

Resumen. La trata de persona representa un problema social donde la explotación laboral y la mendicidad infantil representan alguna de sus aristas. En este contexto se evidencia la vulnerabilidad de los niños, niñas y adolescentes frente a este delito y la falta de aplicación de normas más severas hacia los infractores. La presente investigación tiene como objetivo implementar un método mediante el Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico para evaluar la trata de personas y la mendicidad infantil. La investigación. La investigación parte de la premisa de que tanto la trata de personas como la mendicidad infantil son fenómenos complejos que requieren un enfoque sistemático para su análisis y comprensión. El método propuesto combina el análisis jerárquico con un enfoque neutrosófico, permitiendo una evaluación más matizada y flexible de los criterios involucrados en la trata de personas y la mendicidad. A través de este método, se busca identificar y priorizar los factores que influyen en estas situaciones, considerando tanto los aspectos cuantitativos como cualitativos de cada variable. La metodología incluye la recolección de datos de diversas fuentes, tales como encuestas y entrevistas con expertos en el tema, así como el análisis de informes y estadísticas. Al final del proceso, se obtienen resultados que no solo indican la gravedad y extensión de la trata y la mendicidad, sino que también sugieren posibles intervenciones y políticas públicas para abordar estos fenómenos. Con el resultado de la implementación de la propuesta una herramienta efectiva para comprender la multifacética naturaleza de la trata de personas y la mendicidad infantil, promoviendo un enfoque integral y colaborativo en la búsqueda de soluciones.

Palabras Claves: Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico, trata de personas; mendicidad infantil.

Abstract. Human trafficking represents a social problem where labor exploitation and child begging are some of its facets. In this context, the vulnerability of children and adolescents to this crime and the lack of enforcement of stricter standards for offenders are evident. This research aims to implement a method using the Neutrosophic Hierarchical Analytic Process to evaluate human trafficking and child begging. The research is based on the premise that both human trafficking and child begging are complex phenomena that require a systematic approach for their analysis and understanding. The proposed method combines hierarchical analysis with a neutrosophic approach, allowing for a more nuanced and flexible assessment of the criteria involved in human trafficking and begging. Through this method, we seek to identify and prioritize the factors that influence these situations, considering both the quantitative and qualitative aspects of each variable. The methodology includes data collection from various sources, such as surveys and interviews with experts on the subject, as well as the analysis of reports and statistics. At the end of the process, results are obtained that not only indicate the severity and extent of trafficking and child begging, but also suggest possible interventions and public policies to address these phenomena. The implementation of the proposal results in an effective tool for understanding the multifaceted nature of human trafficking and child begging, promoting a comprehensive and collaborative approach to finding solutions.

Keywords: Neutrosophic Hierarchical Analytic Process, human trafficking; child begging.

1 Introducción

La trata de personas, una forma moderna de esclavitud, representa un grave problema global que vulnera los derechos humanos al reclutar, transportar y explotar a individuos mediante el engaño, la amenaza o la coerción. Esta problemática se vuelve aún más alarmante cuando las víctimas son niños, quienes, debido a su vulnerabilidad, son objeto de un abuso de poder sistemático. A partir del año 2000, con la implementación del Protocolo de Palermo, comenzó un proceso de concienciación y acción legal en torno a la trata, pero en España no se criminalizó hasta 2010 [1]. Aunque se han adoptado más medidas regulatorias, es evidente que aún queda un largo camino por recorrer para abordar este fenómeno de manera efectiva.

La trata de personas como un proceso que abarca el reclutamiento, traslado y alojamiento de individuos, muchas veces utilizando coerción, secuestro o engaño. A pesar de la existencia de marcos legales, como la Convención sobre los Derechos del Niño de 1989, que prohíbe el traslado ilegal de menores, no hay una definición universalmente aceptada de la trata infantil. Esta falta de consenso dificulta la identificación y el apoyo adecuado a las víctimas [2].

Adicionalmente, los delincuentes organizan operativos a través de redes internacionales que no solo se dedican a la trata, sino también a otras actividades ilegales, creando un entorno en el que los niños, especialmente aquellos en situaciones de migración forzada, de abandono o refugiados, se vuelven extremadamente vulnerables. Ante este panorama sombrío, se estima que cada día 3,000 niños son víctimas de trata, produciendo enormes ganancias que alcanzan los 10 mil millones de dólares anuales [2].

Las víctimas, a menudo, son obligadas a permanecer en silencio y tratadas como esclavas, convirtiéndose en blanco de actividades ilegales e inhumanas. Según UNICEF y el ICAT, aproximadamente el 28% de las víctimas de trata identificadas son niños, siendo esta cifra aún más elevada en regiones como África Subsahariana y América Central (UNICEF)[3]. Sin embargo, muchos de estos menores no logran identificarse como víctimas debido al miedo, la desconfianza hacia las autoridades y la falta de comprensión sobre sus derechos.

Frente a esta alarmante situación, es urgente que los gobiernos implementen medidas efectivas para proteger a los niños, reforzando los sistemas de atención y garantizar soluciones sostenibles y seguras. Solo a través de un enfoque integral que priorice el interés superior de los menores se podrá avanzar en la erradicación de este grave problema social y asegurar un futuro más digno y seguro para ellos.

1.1 Preliminares

Según estudios realizados más del 30% de las víctimas de trata de personas son menores de edad", informa el Informe Global de la UNODC. Este informe, elaborado cada dos años, tiene como objetivo fundamentar respuestas eficaces a este delito y situarlo dentro del contexto de la Agenda de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible. La edición de 2020 se basa en la mayor base de datos mundial sobre víctimas de trata, recopilando cifras de fuentes oficiales de 148 países [4].

Los niños, niñas y adolescentes son las víctimas más destacadas en el Informe Mundial sobre la Trata de Personas presentado por la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC). El documento revela que, en los últimos 15 años, más del 30% de las víctimas detectadas son menores de edad. La proporción de niños, utilizados principalmente para explotación laboral, aumentó del 3% al 15%, mientras que el porcentaje de niñas víctimas de explotación sexual creció del 10% al 19%.

El informe, basado en información de 148 países, reporta 50,000 víctimas detectadas en 2018, además de señalar una clara tendencia en los traficantes de explotar vulnerabilidades como la migración y el desempleo, situaciones que se han intensificado por la crisis provocada por la COVID-19. Sin embargo, la UNODC sostiene que, debido a la naturaleza encubierta de este delito, el número real de víctimas es mucho mayor. "Millones de mujeres, niñas, niños y hombres en todo el mundo se encuentran sin empleo, sin acceso a la educación y sin apoyo social en esta continua crisis, lo que aumenta su riesgo de ser víctimas de la trata de personas. Necesitamos adoptar medidas concretas para evitar que los tratantes se aprovechen de la pandemia para explotar a los más vulnerables", afirmó Ghada Waly, directora ejecutiva de la UNODC.

La representante de la UNODC enfatizó la asistencia técnica que la organización brinda a través de sus programas globales y su red de oficinas sobre el terreno, indicando que "nuestro objetivo es informar las respuestas gubernamentales contra la trata de personas, poner fin a la impunidad y apoyar a las víctimas como parte de los esfuerzos integrados que van más allá de la pandemia".

En Suramérica, los patrones reflejan la tendencia global: el 69% de las víctimas son mujeres, el 25% son hombres, el 5% son niñas y el 1% son niños. La explotación sexual y laboral son las formas más comunes de trata, con un 64% y 35%, respectivamente. Un 97% de las víctimas son originarias de la región, y la mayoría de los tratantes son hombres sudamericanos [5]. En esta región, los retos más evidentes son mejorar los mecanismos de identificación de casos de trata de personas y fortalecer la respuesta penal en la persecución de este delito.

Perfil de los delincuentes

A nivel global, la mayoría de las personas procesadas y condenadas por trata de personas son hombres, representando aproximadamente el 64% y el 62% respectivamente. Los traficantes pueden ser miembros de bandas del crimen organizado que se encargan de la mayor parte del tráfico de víctimas, aunque también hay individuos que

operan solos o en pequeños grupos según las circunstancias.

Estos delincuentes ven a sus víctimas como mercancías, ignorando su dignidad y derechos humanos, e incluso llegan a vender a sus propios familiares por precios que pueden variar desde decenas hasta miles de dólares estadounidenses. Las grandes organizaciones criminales son las que obtienen las mayores ganancias de estas operaciones.

Además, los traficantes han incorporado la tecnología en su modelo de negocio ilícito en todas las etapas del proceso, desde el reclutamiento hasta la explotación de las víctimas. Muchas veces, se acercan a niños a través de redes sociales, considerándolos blanco fácil debido a su búsqueda de reconocimiento, atención o amistad. La ONUDD ha identificado dos enfoques utilizados por los traficantes: la "caza", donde el delincuente busca activamente a la víctima, generalmente a través de redes sociales; y la "pesca", en la cual publican anuncios de trabajo y esperan a que potenciales víctimas respondan. Internet permite a los traficantes incluso transmitir en vivo la explotación de sus víctimas, permitiendo que múltiples consumidores abusen simultáneamente de una sola víctima.

Flujos de trata

Con base en datos recopilados de 148 países, la ONUDD documentó 534 rutas diferentes de trata de personas en todo el mundo. Las víctimas suelen ser traficadas en áreas geográficamente cercanas; un ejemplo común son las niñas que son reclutadas en suburbios y explotadas en moteles o bares cercanos. A nivel mundial, la mayoría de las víctimas rescatadas provienen de su país de origen.

Entre 2003 y 2016, la UNODC registró hasta 225,000 casos de trata de personas, siendo las principales víctimas mujeres y niñas explotadas con fines sexuales. En 2016, se documentaron 24,000 víctimas en 97 países, lo que representa un aumento significativo en comparación con 2003, cuando solo se pudo acceder a datos de 39 países [6-26].

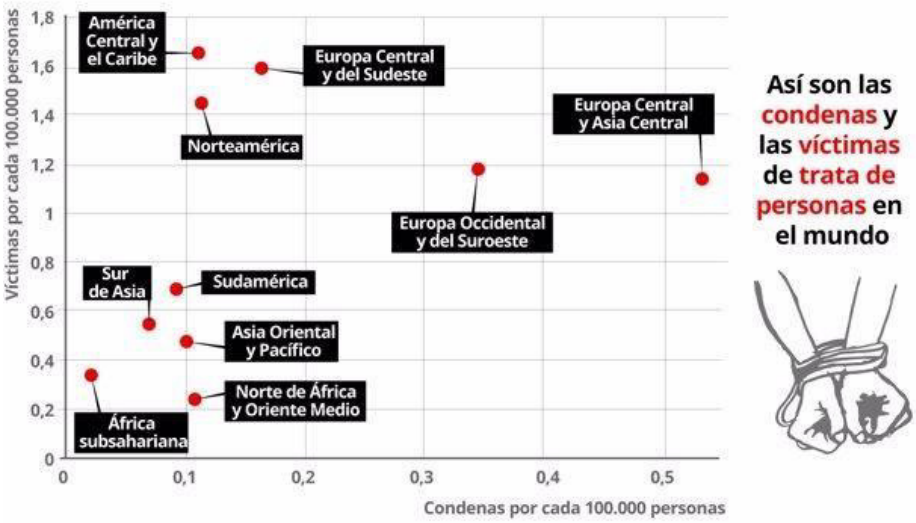


Figura 1. Comportamiento de condenas y víctimas de trata de persona.
Fuente: UNODC, www.epdata.es

2 Método para evaluar la trata de personas y la mendicidad infantil

El método propuesto para evaluar la trata de personas y la mendicidad infantil se estructura en tres etapas fundamentales: entrada, procesamiento y salida de información. Esta organización garantiza un enfoque sistemático y coherente que favorece la obtención de resultados precisos y aplicables. En la etapa de entrada, se establecen los criterios de selección del método.

Durante la etapa de procesamiento, se implementa el *Neutrosophic Analytic Hierarchy Process* (NAHP), una técnica multicriterio que permite evaluar de manera sistemática y rigurosa la trata de personas y la mendicidad infantil. Este método no solo facilita la comparación y priorización de los criterios seleccionados, sino que también incorpora la incertidumbre inherente a la evaluación de cualidades y competencias humanas. Al utilizar NAHP, se obtiene una visión más completa y matizada del impacto en evaluación de la trata de personas y la mendicidad infantil, teniendo en cuenta tanto factores cuantitativos como cualitativos.

En la etapa de salida, se visualiza la inferencia generada a partir del proceso de evaluación.

El método propuesto no solo ofrece una estructura rigurosa y bien definida para evaluar la trata de personas y la mendicidad infantil. En la figura 2 se muestra la estructura general del método propuesto.

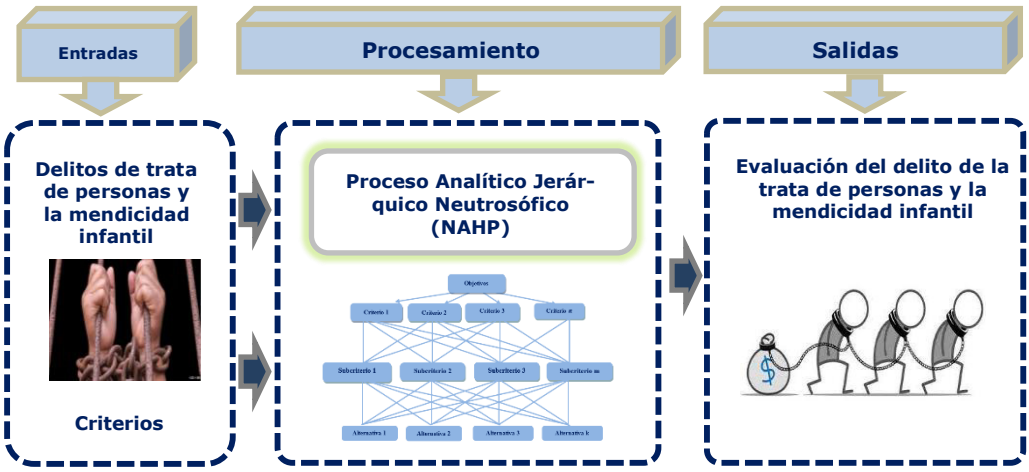


Figura 2. Estructura del método para evaluar la trata de personas y la mendicidad infantil.

2.1 El Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) fue propuesto por Thomas Saaty 1980 [7-27]. Constituye uno de los métodos más difundidos en la resolución de problemas de toma de decisiones multicriterios. Esta técnica realiza una modelación del problema que da lugar a la formación de una jerarquía representativa del esquema decisional asociado [8-10-28-29]. Dicha jerarquía presenta en el nivel superior la meta que se persigue al resolver el problema y en el nivel inferior se incluyen las distintas alternativas a partir de las que debe tomarse una decisión. Los niveles intermedios detallan el conjunto de criterios y atributos considerados.

AHP es un método que selecciona alternativas en función de una serie de criterios o variables, normalmente jerarquizados, los cuales suelen entrar en conflicto [11, 12-30]. En esta estructura jerárquica, el objetivo final se encuentra en el nivel más elevado, y los criterios y subcriterios en los niveles inferiores.

En una jerarquía típica el nivel más alto localiza el problema de toma de decisiones [13-15-31] . Los elementos que afectan la toma de decisiones son representados en el nivel intermedio, ocupando los criterios los niveles intermedios [16-18-32]. En el nivel más bajo se comprenden las opciones de decisiones [19, 20].

Una vez definida la estructura jerárquica, se comparan los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios del nivel inferior. Para ello se utilizan matrices de comparación pareadas usando una Escala Fundamental [12, 21].

La comparación de las diferentes alternativas respecto al criterio del nivel inferior de la estructura jerárquica, como la comparación de los diferentes criterios de un mismo nivel jerárquico dan lugar a una matriz cuadrada denominada matriz de decisión. La figura 3 muestra la estructura jerárquica de AHP [22, 23].

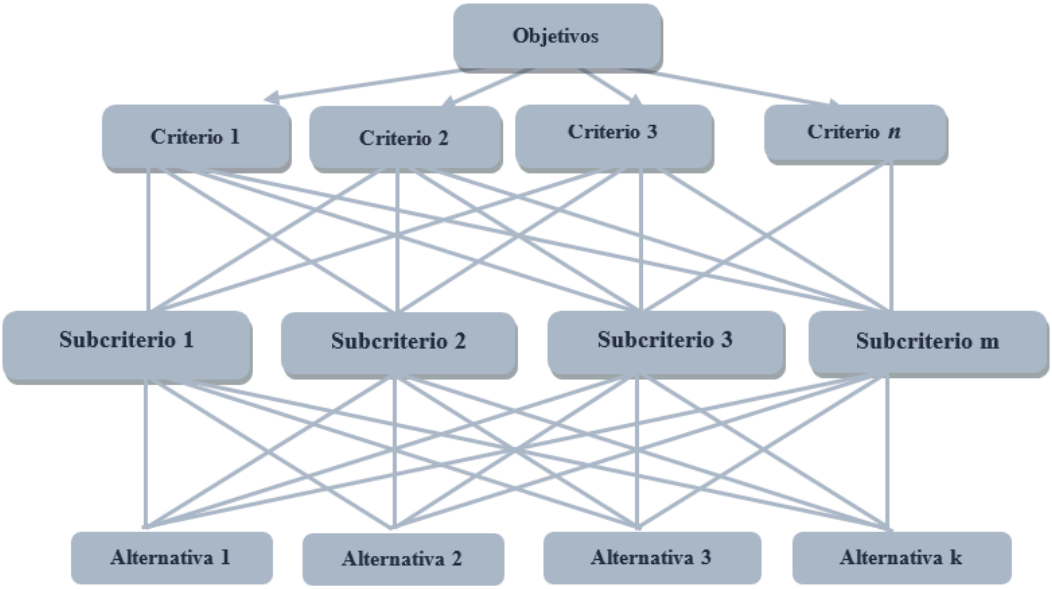


Figura 3. Proceso Analítico Jerárquico.

3 Estructura del método propuesto

Una vez identificado los criterios evaluación, el método realiza un proceso de comparación entre criterios. Se establecen los niveles de importancia o ponderación asociados a los criterios. Se estiman por medio de comparaciones apareadas entre cada criterio. Esta comparación se lleva a cabo usando una escala, tal como expresa la ecuación (1) [24].

$$S = \left\{\frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1,2,3,4,5,6,7,8,9\right\} \quad (1)$$

En el caso de *n* atributos la comparación apareada del elemento *i* con el elemento *j* es colocado en la posición de *aij* de la matriz A de comparaciones apareadas, tal como se muestra en la ecuación (2).

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & \tilde{1} \end{bmatrix} \quad (2)$$

A partir del proceso de comparación se obtienen los valores recíprocos de estas comparaciones. Los valores obtenidos se colocados en la posición *aji* de A, con la finalidad de preservar la consistencia del juicio. El proceso de decisión debe comparar la importancia relativa de un elemento con respecto a un segundo, usando la escala de 9 puntos mostrada en la tabla 1.

Para el elemento 1 que fue calificado con fuerte dominancia sobre el elemento 2, se expresa como resultado en la posición a_{12}, se coloca un 5 y recíprocamente en la posición de a_{21} se coloca 1/5.

Tabla 1. La escala de Saaty traducida a una escala triangular neutrosófica.

Escala Saaty	Definición	Escala Triangular Neutrosófica
1	Igualmente influyente	$\tilde{1} = \langle(1,1,1); 0.50, 0.50, 0.50\rangle$
3	Ligeramente influyente	$\tilde{3} = \langle(2,3,4); 0.30, 0.75, 0.70\rangle$
5	Fuertemente influyente	$\tilde{5} = \langle(4,5,6); 0.80, 0.15, 0.20\rangle$
7	Muy fuertemente influyente	$\tilde{7} = \langle(6,7,8); 0.90, 0.10, 0.10\rangle$
9	Absolutamente influente	$\tilde{9} = \langle(9,9,9); 1.00, 1.00, 1.00\rangle$
2, 4, 6, 8	Valores intermedio entre dos escalas cercanas	$\tilde{2} = \langle(1,2,3); 0.40, 0.65, 0.60\rangle$
		$\tilde{4} = \langle(3,4,5); 0.60, 0.35, 0.40\rangle$
		$\tilde{6} = \langle(5,6,7); 0.70, 0.25, 0.30\rangle$
		$\tilde{8} = \langle(7,8,9); 0.85, 0.10, 0.15\rangle$

Por su parte, Saaty estableció que el Índice de Consistencia (CI) debería depender de λ max, el valor propio máximo de la matriz. Definió la ecuación $CI = \frac{\lambda_{max}-n}{n-1}$, donde *n* es el orden de la matriz. Además, definió la Relación de Consistencia (CR) con la ecuación CR = CI/RI, donde RI se relaciona en la Tabla 2.

Tabla 2. RI asociada a cada criterio.

Orden (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Si CR≤0.1 se considera que la evaluación de los expertos es suficientemente consistente y por lo tanto podemos proceder a utilizar NAHP. Entonces, NAHP tiene como objetivo calificar criterios, subcriterios y alternativas, y clasificar cada alternativa de acuerdo con estos puntajes. NAHP también se puede utilizar en la evaluación de grupo. En tal caso, el valor final se calcula mediante la media geométrica ponderada, mediante las ecuaciones 3 y 4.

$$\bar{x} = \left(\prod_{i=1}^{n} x_i^{w_i}\right)^{1/\sum_{i=1}^{n} w_i} \quad (3)$$

Si los pesos de los expertos suman uno, es decir $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$, la ecuación 3 se transforma en la ecuación 4.

$$\bar{x} = \prod_{i=1}^{n} x_i^{w_i} \quad (4)$$

4 Resultados y discusión

El método propuesto p para evaluar la trata de personas y la mendicidad infantil, fue implementado en un caso de estudio para ejemplificar su aplicabilidad. La presente sección realiza una descripción de los resultados obtenidos de su implementación. Para la obtención de la información el método propuesto emplea un enfoque multicriterio multiexperto, expresado como:

El grupo de criterios que caracterizan la evaluación de la trata de personas y la mendicidad infantil, dentro del problema de toma de decisiones tal que:

$$C = \{c_1, , c_n\}, \geq n1 \quad (5)$$

Para lo cual participan el grupo de expertos que intervienen en el problema de toma de decisiones tal que:

$$E = \{e_1, , e_m\}, \geq m1 \quad (6)$$

Mediante el conjunto de alternativas de decisión para en el problema de toma de decisiones propuesto tal que:

$$A = \{a_1, , a_k\}, \geq k1 \quad (7)$$

A partir del análisis realizado, se obtienen los principales criterios a tener en cuenta.

La alternativa para evaluar es la siguiente:

A_1: Evaluación favorable de la trata de personas y la mendicidad infantil.

A_2: Evaluación desfavorable para la trata de personas y la mendicidad infantil.

Para el desarrollo de la presente investigación se consultó a un panel de 5 expertos compuesto por profesionales con diversas competencias en el ámbito del derecho infantil. Esta diversidad en el panel garantiza que la evaluación sea integral y esté fundamentada en una amplia gama de conocimientos y experiencias.La competencia en el contexto de un grupo de expertos para evaluar la trata de personas y la mendicidad infantil puede definirse como el conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes y experiencias necesarias para realizar un análisis profundo y efectivo sobre estas problemáticas. Aquí hay algunos aspectos clave que pueden incluirse en esta definición:

Conocimiento Especializado: Entender las dinámicas, causas y consecuencias de la trata de personas y la mendicidad infantil, incluyendo aspectos legales, sociales y psicológicos.

Metodología de Evaluación: Saber aplicar metodologías de investigación cualitativa y cuantitativa para recopilar y analizar datos relevantes, como encuestas, entrevistas y estudios de caso.

Intervención y Prevención: Conocer las mejores prácticas y estrategias de intervención para prevenir y combatir la trata de personas y apoyar a las víctimas, especialmente a los niños involucrados en la mendicidad.

Colaboración Multidisciplinaria: Capacidad para trabajar en conjunto con otros profesionales, como trabajadores sociales, abogados, psicólogos y fuerzas del orden, para abordar la problemática desde diferentes ángulos.

Sensibilidad Cultural y Ética: Estar consciente y respetar las diferencias culturales y éticas al evaluar estas cuestiones, especialmente en contextos sensibles relacionados con la infancia y la vulnerabilidad.

Comunicación Efectiva: Habilidad para transmitir los hallazgos y recomendaciones de manera clara y accesible a diferentes audiencias, incluidos responsables políticos, comunidades afectadas y el público en general.

Evaluación de Políticas: Capacidad para analizar y criticar las políticas existentes relacionadas con la trata de personas y la mendicidad infantil, sugiriendo mejoras basadas en evidencia.

A través de la colaboración del panel de expertos, se definieron los siguientes cuatro criterios fundamentales para evaluar la trata de personas y la mendicidad infantil: Los criterios para evaluar son los siguientes:

C_1: Incidencia y Prevalencia: Medir la magnitud de la trata de personas y la mendicidad infantil en una población específica. Esto incluye el número de casos reportados, las tendencias a lo largo del tiempo y la identificación de grupos más vulnerables.

C_2: Impacto en la Salud y el Bienestar: Evaluar las consecuencias de la trata de personas y la mendicidad en la salud física y mental de las víctimas, así como su bienestar social y económico. Esto puede incluir la identificación de daños psicológicos, condiciones de vida y acceso a servicios básicos.

C_3: Efectividad de las Respuestas y Políticas: Analizar la eficacia de las políticas y programas implementados para combatir la trata de personas y la mendicidad infantil. Esto incluye evaluar la coordinación entre agencias, la capacitación de personal y la implementación de programas de prevención y soporte.

C_4: Participación y Empoderamiento de las Comunidades: Evaluar cómo las comunidades afectadas participan en la toma de decisiones y en la implementación de programas relacionados con la trata de personas y la mendicidad infantil. También se puede considerar el nivel de empoderamiento de las víctimas para expresar sus necesidades y derechos.

Del consenso del panel de expertos se obtuvo una matriz agregada con la comparación emitida por los expertos correspondientes a los criterios, se resumen en la tabla 3 la agregación obtenida. Los valores se expresan en forma de la escala dada en la tabla 1.

Tabla 3: Pares de comparación correspondientes a los criterios agregados dados por los expertos.

Criterio	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	$\tilde{1}$	$\widetilde{1/5}$	$\widetilde{1/7}$	$\widetilde{1/5}$
C_2	$\tilde{5}$	$\tilde{1}$	$\widetilde{1/5}$	$\widetilde{1/3}$
C_3	$\tilde{7}$	$\tilde{5}$	$\tilde{1}$	$\widetilde{1/7}$
C_4	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{7}$	$\tilde{1}$

La tabla 4, contiene la valoración media para el total de expertos correspondientes a los requisitos, uno por cada criterio.

Tabla 4: Matriz media nítida por pares correspondiente a los requerimientos dados por los expertos según criterio C_1.

C	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$
C_2	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$
C_3	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$
C_4	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$

A partir de la aplicación de la ecuación 1, se aplica la ecuación 4 para convertir las matrices por pares en matrices nítidas. El CR obtenido fue 0.00325 que represente el valor agregado de los expertos, Se observa que es menor que 0.1. Mientras que, para las matrices de requerimientos, los CR son menores a 0.1 respecto a cada experto y cada criterio. La Tabla 5 resume los vectores prioritarios de los tres expertos para los criterios, aplicando la Ecuación 1 con pesos $w_i = 1/3$ para $i = 1, 2, 3$.

Tabla 5: Promedio de vectores de prioridad obtenidos para cada criterio sobre los expertos y su orden.

Alternativas	Promedio sobre expertos de Criterios Vectores Prioritarios	Orden
A_1	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	2
A_2	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	1

La Tabla 6 resume los pesos para cada requerimiento y el orden final.

Tabla 6: Los vectores de prioridad de requisitos y el orden final de requisitos.

Criterios	$A_1\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$A_2\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	Vector Prioridad	Orden
C_1	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	0.15	3
C_2	$\langle(9,9,9);1.00,1.00,1.00\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	0.50	1
C_3	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	0.20	2
C_4	$\langle(6,7,8);0.90,0.10,0.10\rangle$	$\langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40\rangle$	0.15	4

De acuerdo con los resultados resumidos en la Tabla 6, los indicadores poseen un nivel de cumplimiento que se ordenan de la siguiente manera: $C_2 \succ C_3 \succ C_1 \succ C_4$. A partir de este análisis se determinó una evaluación desfavorable para la trata de personas y la mendicidad infantil.

5 Discusión

Los hallazgos del Informe Global de la UNODC ponen de manifiesto la alarmante prevalencia de la trata de personas a nivel mundial, con un enfoque particular en niños, niñas y adolescentes (NNA). Se revela que más del 30% de las víctimas son menores de edad, y ha habido un notable aumento en el porcentaje de estos menores utilizados para explotación laboral y sexual en los últimos 15 años. Según [25], esta situación es especialmente preocupante en Suramérica, donde la mayoría de las víctimas son mujeres, y los fines más comunes de la trata incluyen la explotación sexual y laboral. La región enfrenta desafíos significativos, como la mejora en la identificación de casos de trata y el fortalecimiento de la respuesta penal ante este delito.

En cuanto al perfil de los perpetradores, se observa que la mayoría son hombres, y que las grandes organizaciones criminales son las que obtienen las mayores ganancias. Los traficantes emplean diversas estrategias, incluyendo el uso de tecnología y redes sociales, para reclutar a sus víctimas [25]). Por ello, la discusión sobre estos resultados debe incluir la urgente necesidad de implementar medidas específicas para prevenir la trata de personas, especialmente en el contexto de la crisis de COVID-19, que ha incrementado la vulnerabilidad de las personas frente a la explotación. Es fundamental mejorar la identificación y persecución de los traficantes, así como fortalecer la protección y asistencia a las víctimas.

Los hallazgos del informe subrayan la necesidad de una acción coordinada a nivel internacional para abordar eficazmente la trata de personas y proteger los derechos humanos de las víctimas. Este delito, que ha existido en la sociedad desde hace décadas, está impregnado de la mercantilización de seres humanos y opera a través de redes altamente organizadas, lo que lo hace difícil de detectar. Aunque la concienciación sobre el problema ha crecido en tiempos recientes y se han logrado avances en su combate, es imperativo profundizar estos esfuerzos, especialmente en la protección de las víctimas menores, quienes son las más vulnerables y a menudo pasan desapercibidas.

A nivel legislativo, aunque existen instrumentos de protección efectivos, muchos no abordan de manera específica las necesidades de los menores. Por lo tanto, reforzar estos aspectos se vuelve esencial para seguir avanzando en esta lucha. Es crucial enfrentar la dificultad de detectar e identificar a las víctimas, priorizando el bienestar de los menores y estableciendo protocolos claros y consensuados para estos procesos.

Además, las propias víctimas pueden desempeñar un papel significativo en la desarticulación de las redes de explotación, por lo que es fundamental proporcionarles el apoyo psicosocial necesario. Un enfoque dinámico en la lucha contra la trata, que investigue sus causas, factores de riesgo y modus operandi, es esencial para interceptarlas de manera más efectiva.

La labor de prevención es complicada debido a la naturaleza clandestina y compleja de estas redes, pero es esencial abordar la demanda de servicios que ellas proporcionan, ya que quienes se benefician de la explotación son parte del problema. Para combatir la trata de personas de manera efectiva, se necesita endurecer los sistemas normativos en cada país, reforzar la identificación y protección de las víctimas, y abordar tanto la oferta como la demanda de servicios. Adoptar un enfoque dinámico y multidisciplinario en esta lucha es crucial para enfrentar este grave delito.

6 Conclusión

La presente investigación, propuso un método neutrosófico para evaluar la trata de personas y la mendicidad infantil. El método propuesto obtuvo como resultado un proceso de inferencia mediante el Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico. Los menores constituyen una parte significativa de las víctimas de trata, siendo reclutados y sometidos a redes de explotación con distintos fines, como la explotación sexual, laboral, mendicidad, uso militar, tráfico de drogas y órganos. La trata de menores para fines de explotación sexual revela un marcado sesgo de género, ya que las niñas son predominantemente las víctimas de esta forma de explotación, mientras que los niños suelen ser víctimas de explotación laboral, mendicidad y tráfico de drogas.

Aunque la trata puede presentarse de diversas maneras, se pueden identificar tres fases principales en su proceso: captación, traslado y recepción. Estas etapas implican el abuso de poder y la explotación de la vulnerabilidad de las víctimas, quienes nunca otorgan su consentimiento. La fase de captación a menudo incluye engaños, promesas de una vida mejor o coerción, mientras que la fase de recepción genera deudas a través de la explotación laboral. Las consecuencias de la trata son devastadoras para la integridad de los menores, afectando gravemente todas las áreas de su vida.

A nivel nacional, regional e internacional, existen diversos instrumentos legales para combatir la trata de personas, que han evolucionado y demostrado su eficacia. No obstante, es crucial regular de manera específica la situación de las víctimas menores. En el contexto de España, la atención ha estado esencialmente enfocada en la trata de menores para explotación sexual, por lo que es fundamental ampliar los esfuerzos para abordar otros tipos de explotación. Se sugiere la creación de un nuevo instrumento integrador que aclare el contenido de las regulaciones existentes y evite la dispersión entre múltiples normativas.

El rol del trabajador social en la intervención con menores víctimas de trata es esencial. Las necesidades de estas víctimas abarcan aspectos socioafectivos que son atendidos por los profesionales del trabajo social en todas las etapas del proceso de intervención.

Referencias

[1] A. G. Marbella, and E. G. Rosas, “La trata de personas en la modalidad de trabajo infantil,” *Revista de derecho*, no. 47, pp. 310-338, 2017.

[2] A. M. Almanza Avendaño, and A. H. Gómez San Luis, “Los matices de la explotación: análisis del concepto de trata de personas,” *Andamios,* vol. 19, no. 48, pp. 17-38, 2022.

[3] V. V. Unicef, L. Classico, C. so Garibaldi, V. Viviani, V. N. Sauro, and P. Danzi, “LINEE BIS,” 2019.

[4] N. Viscardi, and G. Tenenbaum, “Violencias, territorios y tráfico de drogas en América Latina,” *Revista de Ciencias Sociales,* vol. 36, no. 53, pp. 7-14, 2023.

[5] E. T. Martín-Palomino, and E.-M. Ceballos-Vacas, “La infancia enajenada: niñas y adolescentes extranjeras víctimas de la trata con fines de explotación sexual,” *Migraciones. Publicación Del Instituto Universitario De Estudios Sobre Migraciones*, no. 57, pp. 1-17, 2023.

[6] A. Lucea Sáenz, “El estado actual de la trata de personas: una aproximación desde el derecho internacional de los derechos humanos,” *Zaragoza: Universidad de Zaragoza*, 2017.

[7] T. L. Saaty, *Toma de decisiones para líderes*: RWS Publications, 2014.

[8] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, “Inteligencia artificial y propiedad intelectual,” *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[9] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, “Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador,” *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[10] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, “La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico,” *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[11] F. Smarandache, “Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[12] F. Smarandache, “Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[13] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[14] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[15] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, “A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data,” *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[16] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, “Impacto de la investigación jurídica a los problemas sociales postpandemia en Ecuador,” *Universidad y Sociedad,* vol. 14, no. S5, pp. 542-551., 2022.

[17] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "Investigación científica: perspectiva desde la neutrosofía y productividad," *Universidad y Sociedad,* vol. 14, no. S5, pp. 640-649., 2022.

[18] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeutroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.

[19] F. Smarandache, "Neutrosophic Overset, Neutrosophic Underset, and Neutrosophic Offset. Florentin Smarandache Similarly for Neutrosophic Over-/Under-/Off-Logic, Probability, and Statistics," 2017.

[20] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[21] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[22] F. Smarandache, S. Broumi, P. K. Singh, C.-f. Liu, V. V. Rao, H.-L. Yang, I. Patrascu, and A. Elhassouny, "Introduction to neutrosophy and neutrosophic environment," *Neutrosophic Set in Medical Image Analysis*, pp. 3-29: Elsevier, 2019.

[23] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[24] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[25] M. P. G. Gómez, and C. C. C. Gómez, "Actitudes hacia los roles sexuales y de género en niños, niñas y adolescentes (NNA)," *Plumilla educativa,* vol. 12, no. 2, pp. 339-360, 2013.

[26] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[27] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[28] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[29] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[30] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[31] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[32] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 24, 2025. Aceptado: marzo 14, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación del prototipo de carro foto sensible implementado en arduino para aprendizaje didáctico

Neutrosophic Multicriteria Method for the evaluation of the photosensitive cart prototype implemented in arduino for didactic learning

Emily Belén Chiriboga Mera [1], Marco Antonio González Partidas [2], Doris Dayana López Carvajal[3], and Luis Orlando Albarracín Zambrano [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. emilycm45@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. marcogp01@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. dorislc69@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ug.luisalbarracin@uniandes.edu.ec

Resumen. El desarrollo de prototipos tecnológicos educativos está ganando relevancia mundial, transformando cómo los estudiantes aprenden ciencia y tecnología Esta tendencia impulsa herramientas innovadoras como los carros fotosensibles controlados por Arduino en entornos educativos. En América Latina, la integración de estas tecnologías ofrece una oportunidad para revolucionar el aprendizaje práctico en ciencias e ingeniería, enfrentando desafíos socioeconómicos y proporcionando educación tecnológica de calidad. La adopción de prototipos educativos basados en Arduino y máquinas virtuales de Linux es una estrategia prometedora para desarrollar habilidades en robótica y programación de manera flexible y económica. En Ecuador, este proyecto pionero busca fomentar el aprendizaje de tecnologías emergentes, mejorando la comprensión de electrónica y programación e inspirando carreras en STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). El objetivo de esta investigación es desarrollar un Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación del prototipo de carro fotosensible implementado en Arduino, enfocado en su efectividad como herramienta didáctica. La creación de un carro fotosensible combina teoría y práctica, permitiendo a los estudiantes diseñar, construir y programar sistemas robóticos en un entorno accesible. Estos proyectos abordan la falta de recursos didácticos, estimulando la curiosidad, el pensamiento crítico y la resolución de problemas.

Palabras Claves: método multicriterio neutrosófico, Arduino, programación, aprendizaje interactivo, recursos didácticos.

Abstract. The development of educational technological prototypes is gaining global relevance, transforming how students learn science and technology. This trend is driving innovative tools such as Arduino-controlled photosensitive cars in educational settings. In Latin America, the integration of these technologies offers an opportunity to revolutionize hands-on learning in science and engineering, addressing socioeconomic challenges and providing quality technology education. The adoption of educational prototypes based on Arduino and Linux virtual machines is a promising strategy for developing robotics and programming skills in a flexible and cost-effective manner. In Ecuador, this pioneering project seeks to foster the learning of emerging technologies, improving the understanding of electronics and programming and inspiring careers in STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). The objective of this research is to develop a Neutrosophic Multicriteria Method for the evaluation of the photosensitive car prototype implemented in Arduino, focusing on its effectiveness as a teaching tool. The creation of a photosensitive car combines theory and practice, allowing students to design, build, and program robotic systems in an accessible environment. These projects address the lack of educational resources by stimulating curiosity, critical thinking, and problem-solving.

Keywords: neutrosophic multicriteria method, Arduino, programming, interactive learning, educational resources

1 Introducción

La necesidad de recursos didácticos creativos, prácticos y desafiantes se ha vuelto esencial en el ámbito educativo moderno, especialmente en disciplinas relacionadas con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM). Este enfoque busca no solo mejorar la comprensión teórica, sino también facilitar la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos [1]. La utilización de prototipos tecnológicos en entornos educativos ha mostrado un impacto significativo al transformar la experiencia de aprendizaje, permitiendo que los estudiantes se involucren activamente en su proceso de formación [2].

En este contexto, la integración de herramientas innovadoras como los carros fotosensibles controlados por Arduino está emergiendo como una valiosa estrategia para revitalizar el aprendizaje en áreas STEM. Esta tendencia se ha consolidado a nivel mundial, impulsando transformaciones en la manera en que los estudiantes aprenden y aplican conceptos científicos y tecnológicos [3]. En particular, en América Latina, la adopción de tecnologías educativas ofrece un camino para abordar los desafíos socioeconómicos y mejorar la calidad de la educación.

La implementación de prototipos educativos basados en Arduino y máquinas virtuales de Linux se presenta como una solución flexible y económica para el desarrollo de habilidades técnicas. En Ecuador, este enfoque ha cobrado relevancia mientras se busca fomentar el aprendizaje de tecnologías emergentes, contribuyendo a mejorar el entendimiento de conceptos de electrónica y programación entre los estudiantes. Al hacerlo, se espera inspirar a futuras generaciones a explorar carreras en campos STEM, incrementando la representación y participación en estas áreas críticas [4].

El carro fotosensible, al ser una herramienta que combina teoría y práctica, permite a los estudiantes diseñar, construir y programar sistemas robóticos en un entorno accesible. A través de este proyecto, se ofrece una experiencia formativa que enfrentará la falta de recursos didácticos en educación científica, al mismo tiempo que se estimula la curiosidad y el pensamiento crítico, habilidades esenciales en el mundo contemporáneo.

Sin embargo, la falta de acceso equitativo a recursos educativos en áreas STEM sigue siendo un problema global. Las limitaciones económicas y la infraestructura deficiente obstaculizan el aprendizaje práctico y teórico, perpetuando la desigualdad socioeconómica. Esta brecha tecnológica no solo limita las oportunidades educativas de los estudiantes, sino que también agrava problemas más amplios como la pobreza y la exclusión social.

El uso de Arduino en la construcción del carro fotosensible permite a los estudiantes experimentar de primera mano con circuitos electrónicos, sensores y actuadores, favoreciendo un aprendizaje más profundo y significativo. Investigaciones han indicado que la interacción práctica, como la que se promueve a través de este prototipo, incrementa la comprensión de conceptos abstractos y potencia habilidades técnicas y cognitivas [5].

La oportunidad de programar en C/C++ utilizando el IDE de Arduino en una máquina virtual de Linux asegura que los estudiantes tengan acceso a un entorno seguro para prácticas y experimentaciones sin riesgo de daños al hardware [6]. Esta accesibilidad no solo optimiza el aprendizaje, sino que también fomenta la colaboración y el intercambio de conocimientos entre los estudiantes, creando un entorno educativo enriquecedor [7].

La iniciativa del carro fotosensible no solo representa un avance en la educación STEM, sino que también alinea la enseñanza con las demandas tecnológicas del siglo XXI. La participación activa en el aprendizaje, como se promueve en este tipo de proyectos, es clave para la comprensión y retención de conceptos complejos [8]. Así, esta investigación se propone evaluar la utilidad del prototipo de carro fotosensible mediante Arduino en una máquina virtual de Linux para aprendizaje didáctico, propuesto en [9], con el objetivo de determinar su efectividad como herramienta en la enseñanza de principios de electrónica y programación en un contexto educativo. Siendo así, se define como objetivo general de la presente investigación desarrollar un Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación del prototipo de carro foto sensible implementado en Arduino para aprendizaje didáctico.

2 Materiales y métodos

2.1 Descripción del recurso a evaluar

Los autores [9] propusieron el desarrollo de un prototipo de carro foto sensible implementado en arduino para el aprendizaje didáctico en estudiantes de carreras STEM. El prototipo fue desarrollado con el objetivo de crear un vehículo autónomo capaz de seguir una fuente de luz. Gracias a la programación realizada con un Arduino Nano y a la inclusión de tres fotoceldas, el carro mostró una notable capacidad para dirigirse hacia la luz, alcanzando una precisión del 90% durante diversas pruebas. Esta funcionalidad fue complementada con un módulo Bluetooth, lo que permitió manejar el prototipo de manera remota a través de un teléfono móvil, aumentando su flexibilidad y usabilidad en diversos contextos.

Para su construcción, se adquirieron materiales esenciales que incluyeron accesorios como reles, baterías, alambre de estaño, un cable UTP, resistencias, y el Arduino Nano y una máquina virtual con Ubuntu para la programación. Uno de los pasos cruciales fue modificar el servo motor para que encajara perfectamente en la carcasa del prototipo, asegurando que todos los componentes estuvieran correctamente alineados y funcionales.

Las fotoceldas se instalaron en el carro junto con sus respectivas resistencias, utilizando tres resistencias de cinco kilo ohmios y una de un kilo ohmio, optimizando la lectura de luz. El Arduino Nano fue montado en un

protoboard para facilitar su uso y las conexiones necesarias. Las fotoceldas fueron conectadas a los pines A1, A2 y A3 del Arduino Nano, mientras que los cables se unieron a los dos relés, que controlan el movimiento del vehículo.

Se integró el módulo Bluetooth en el Arduino para establecer el control remoto, permitiendo a los usuarios gestionar el carro desde su teléfono, lo que añadió una dimensión interactiva al prototipo. Posteriormente, se soldaron los cables y se procedió a la programación del Arduino Nano utilizando una máquina virtual de Ubuntu. Para esto, se activaron las capacidades de virtualización en el BIOS del sistema, se instaló VirtualBox, y se configuró la máquina virtual de Ubuntu.

La imagen ISO de la distribución de Ubuntu se descargó e instaló, seguidas de la instalación del Arduino IDE para el desarrollo del código necesario. Una vez que la detección de los puertos USB fue activada en la máquina virtual, se pudo conectar el Arduino para proceder con la programación. El código fue diseñado para asegurar que el prototipo funcionara de manera efectiva, y se llevaron a cabo pruebas para evaluar tanto la durabilidad del vehículo como la efectividad del código. Para conocer más características, consultar [9].

2.2 Diseño del Método Multicriterio Neutrosófico propuesto

La presente sección describe el funcionamiento del Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación del prototipo de carro foto sensible implementado en arduino para aprendizaje didáctico. Se presentan las características generales de la solución propuesta. Se describen las principales etapas y actividades que conforman el método. El método multicriterio neutrosófico propuesto se fundamenta en varias cualidades clave que garantizan su efectividad y adaptabilidad en la evaluación de este recurso didáctico específico para estudiantes de carreras STEM:

- Integración: Este método asegura la interconexión de diversos componentes que permiten la evaluación del prototipo desarrollado referente a su pertinencia y utilidad para la enseñanza de estudiantes de la carrera de Software.
- Flexibilidad: Utiliza 2-tuplas para representar la incertidumbre, lo que enriquece la interoperabilidad entre los usuarios del método.
- Interdependencia: Se basa en la colaboración con expertos, quienes proporcionan los datos de entrada necesarios. Estos aportes son fundamentales, ya que los resultados obtenidos no solo se convierten en información valiosa, sino que también alimentan una base de conocimientos que fortalece el proceso de inferencia y análisis en futuras evaluaciones.

El método se apoya también en los siguientes principios esenciales:

- Identificación de indicadores: Un equipo de expertos es responsable de identificar los indicadores pertinentes para la evaluación del prototipo de carro foto sensible como recurso didáctico.
- Uso de métodos multicriterios: La aplicación de estos métodos en la evaluación permite una mejor consideración de los diferentes criterios que afectan la utilidad y eficacia del recurso, facilitando así una toma de decisiones más informada y justa.

Estas características y principios son fundamentales para abordar adecuadamente las complejidades en la evaluación de recursos didácticos.

El método para la evaluación la evaluación del prototipo de carro foto sensible como recurso didáctico, está estructurado para gestionar el flujo de trabajo del proceso de evaluación a partir de un método de inferencia multicriterio. Este método posee tres etapas fundamentales: (1) Entrada; (2) Procesamiento, y (3) Salida de información. La Figura 1 muestra un esquema que ilustra el funcionamiento general del método.

Figura 1. Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación del prototipo de carro foto sensible implementado en arduino para aprendizaje didáctico.

2. 3 Descripción de las etapas del método

El método propuesto está diseñado para garantizar la gestión del flujo de trabajo en el proceso de evaluación del prototipo de carro foto sensible implementado en arduino para aprendizaje didáctico. Utiliza un enfoque multicriterio multiexperto donde se identifican indicadores evaluativos para determinar el funcionamiento del procesamiento del método. La etapa de procesamiento está estructurada por cuatro actividades que rigen el proceso de inferencia del procesamiento. A continuación se detalla su funcionamiento:

Actividad 1: Selección de expertos.

El primer paso en este proceso es determinar el grupo de expertos que participará en la investigación. La selección se basa en la metodología propuesta por Fernández [10-30]. Este proceso inicia con el envío de un modelo a los posibles expertos, que incluye una breve explicación sobre los objetivos del estudio y el área del conocimiento relevante. Las actividades que se llevan a cabo son las siguientes:

- Establecimiento de contacto: Se contacta a expertos en la materia y se les invita a unirse al panel de participantes. Esta etapa tiene como objetivo reunir un grupo de expertos con conocimientos significativos para la aplicación del método.
- Filtrar expertos: Es crucial filtrar a aquellos expertos que no posean un nivel adecuado de conocimiento. El proceso de selección se centra en aquellos con mayor experiencia y prestigio en el área específica del estudio. Para llevar a cabo esta filtración, se utiliza un cuestionario de autoevaluación, que busca determinar el coeficiente de conocimiento o información (K_c). La fórmula correspondiente se expresa en la ecuación 1.

$$K_c = n(0,1) \tag{1}$$

Donde:

K_c: coeficiente de conocimiento o información

n: rango seleccionado por el experto

Actividad 2 Identificación de criterios de evaluación

Una vez seleccionados los expertos, se inicia el proceso de identificación de los criterios evaluativos que alimentarán el método de investigación y servirán como parámetros para la fase de análisis. Las actividades que se llevarán a cabo son las siguientes:

- Cuestionario inicial: Se enviará un cuestionario diseñado a los panelistas con el objetivo de recabar sus opiniones sobre los criterios evaluativos relevantes para la investigación. Este cuestionario ha sido elaborado previamente y tiene como finalidad generar un conjunto de criterios consensuados entre los expertos, lo que asegura una base sólida para el estudio.
- Análisis de respuestas: Las respuestas recibidas serán analizadas minuciosamente para identificar áreas de acuerdo y desacuerdo entre los panelistas. Esta actividad permitirá realizar un examen detallado del comportamiento de las respuestas, resaltando tanto los elementos comunes como las divergencias significativas. Este análisis proporcionará una visión clara de las perspectivas de los expertos y contribuirá a afinar los criterios

propuestos.

- Retroalimentación y re-evaluación: Se enviará a los expertos un análisis resumido de las respuestas obtenidas, solicitándoles que completen nuevamente el cuestionario y que expliquen sus discrepancias. Esta etapa es esencial, ya que brinda una nueva perspectiva sobre el conocimiento recopilado, y fomenta un diálogo más profundo entre los panelistas, lo que puede enriquecer el desarrollo de los criterios.
- Iteración del proceso: Este proceso se repetirá hasta que las respuestas tiendan a estabilizarse. Una vez alcanzada esta estabilidad, se considera que el método ha cumplido su propósito; esto se traduce en la obtención de un conjunto de criterios evaluativos que gozan de aceptación general entre los expertos. Este enfoque iterativo garantiza que los criterios seleccionados sean robustos y reflejen un consenso informado, lo que aumenta la validez y fiabilidad de la investigación.

Este método permite no solo la construcción colaborativa y consensuada de criterios evaluativos, sino también la mejora continua del proceso mediante la iteración y la retroalimentación. Este procedimiento no solo sostiene la rigurosidad del proceso sino que también garantiza que los criterios evaluativos sean representativos de la experticia acumulada en el panel, enriqueciendo así la validez de los resultados obtenidos. La actividad obtiene como resultado el conjunto de criterios evaluativos del método. Emplea un enfoque multicriterio expresado como muestra la ecuación 2.

$$C = \{c_1, c_2, , , c_m\} \tag{2}$$

Donde:

$$m > 1, \tag{3}$$

Actividad 3 Determinación de los pesos de los criterios.

Para determinar los pesos atribuidos a los criterios evaluativos se utiliza el grupo de expertos que intervienen en el proceso. Se les pide que determinen el nivel de importancia atribuido a los criterios evaluativos identificados en la actividad previa.

Los pesos de los criterios evaluativos son expresados mediante un dominio de valores difusos. Los conjuntos difusos dan un valor cuantitativo a cada elemento, el cual representa el grado de pertenencia al conjunto. Un conjunto difuso A es una aplicación de un conjunto referencial S en el intervalo [0, 1], Tal que: $A: S \rightarrow [0,1]$, y se define por medio de una función de pertenencia:

$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1. \tag{4}$$

Para mejorar la interpretabilidad en la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios, se emplean términos lingüísticos basados en 2-tuplas Neutrosóficas [11], [12], [13-31-32-33]. La utilización de etiquetas lingüísticas en modelos de decisión implica, a menudo, la realización de operaciones con estas etiquetas [14-16]. En este contexto, se presenta la tabla 1, que da cuenta del conjunto de términos lingüísticos y sus respectivos valores.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Una vez obtenidos los vectores de pesos de los diferentes expertos que intervienen en el proceso se realiza un proceso de agregación de información a partir de una función promedio tal como muestra la ecuación 5.

$$VA = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_{ij}}{E} \tag{5}$$

Donde:

VA: valor agregado,

E: cantidad de expertos que participan en el proceso,
C_{ij}: vector de pesos expresado por los expertos para los criterios C.

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

La actividad para la determinación de las preferencias consiste en identificar el impacto que poseen los criterios para la evaluación del prototipo de carro foto sensible como recurso didáctico. El proceso de evaluación es realizado mediante una escala numérica de modo que se exprese el nivel de pertenencia de los indicadores [17, 18]. La figura 2 muestra una gráfica con los conjuntos de etiquetas lingüísticas utilizados.

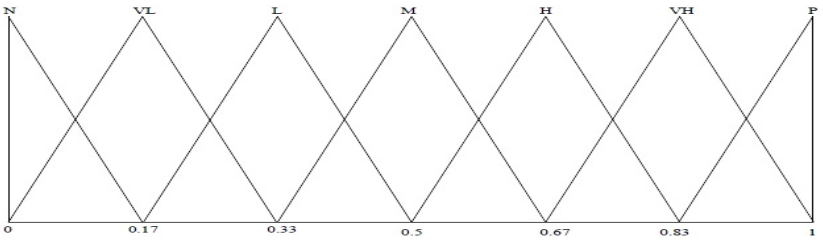


Figura 2. Conjunto de etiquetas lingüísticas.
Nota: N: Nulo; VL: Muy Bajo; L: Bajo; M: Medio; H: Alto; VH: Muy Alto; P: Preferido

Para la evaluación del prototipo de carro foto sensible como recurso didáctico, se describe el problema y la evaluación de cada alternativa a partir del cual se forma la matriz de evaluación [19-21]. La matriz está compuesta por las alternativas, los criterios y la valoración de cada criterio para cada alternativa [22-24-34]. A partir de obtener las preferencias de cada criterio evaluativo sobre el objeto de estudio, se realiza el proceso de inferencia de información [12, 25]. La inferencia es guiada mediante el uso de operadores de agregación de información.
Se parte del conjunto de alternativas A:

$$A = \{A_1,..., A_m\} \tag{6}$$

A las cuales se les obtienen las preferencias P:

$$P = C_1, \dots, C_n \tag{7}$$

A los criterios evaluativos se les aplica un método multicriterio para procesar las alternativas a partir de los vectores de pesos W definidos por los expertos sobre los criterios evaluativos.

$$W = \{w_1, \dots, w_n\} \tag{8}$$

El proceso de agregación se realiza con la utilización de operadores de agregación de información [26]. El objetivo fundamental consiste en obtener valoraciones colectivas a partir de valoraciones individuales mediante el uso de operadores de agregación. Para el procesamiento del método propuesto se utiliza el operador de agregación OWA (*Ordered Weighted Averaging)* [27-34].

Los operadores OWA funcionan similar a los operadores media ponderada, aunque los valores que toman las variables se ordenan previamente de forma decreciente y, contrariamente a lo que ocurre en las medias ponderadas, los pesos no están asociados a ninguna variable en concreto [28, 29, 35].

Definición 1: Dado un vector de pesos $W = w_1,, w_n \in [0,1]^n$ tal que: $\sum_{i=1}^{n} w_i$, el operador (OWA) asociado a w es el operador de agregación f_n^w: → R definido por:

$$f_n^w(u) = \sum_{i=1}^{n} w_i \, v_i \tag{9}$$

donde v_i es el *i*-ésimo mayor elemento de $\{u_1,, u_n\}$

Para la presente investigación se define el proceso de agregación de la información empleado, tal como expresa la ecuación 10.

$$F(p_1,, p_2,, p_n) = \sum_{j=1}^{n} w_j b_j \tag{10}$$

Donde:

P: conjunto de preferencias obtenidas de la evaluación del prototipo de carro foto sensible como recurso didáctico.

w_j: son los vectores de pesos atribuidos a los criterios evaluativos.
bj: es el j-ésimo más grande de las preferencias p_n ordenados.

3 Resultados y discusión

3.1 Implementación del método multicriterio neutrosófico para la evaluación del prototipo de carro foto sensible como recurso didáctico

A continuación se presentan las valoraciones alcanzadas por cada actividad del Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación del prototipo de carro foto sensible implementado en arduino para aprendizaje didáctico:

Actividad 1: Selección de loes expertos.

Para la aplicación del método, se aplicó un cuestionario con el objetivo de seleccionar el grupo de expertos a intervenir en el proceso. Se convocó un panel de once expertos en educación, tecnología y robótica para evaluar el prototipo de carro fotosensible como recurso didáctico. Este grupo multidisciplinario incluye docentes universitarios con experiencia en la enseñanza de tecnologías emergentes, ingenieros especializados en electrónica y programación, así como académicos dedicados a la investigación en metodologías educativas innovadoras. La diversidad de perspectivas dentro del panel garantiza un análisis integral del prototipo, considerando no solo sus aspectos técnicos y funcionales, sino también su efectividad pedagógica y su capacidad para fomentar el aprendizaje en contextos educativos. Se logró el compromiso desinteresado de 9 expertos. Se les aplicó el cuestionario de autoevaluación a los 9 expertos donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- 3 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia sobre el tema objeto de estudio de 10 puntos.
- 2 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 9 puntos.
- 2 expertos se autoevalúa con un nivel de competencia de 8 puntos.
- 2 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 6 puntos.

El coeficiente de conocimiento K_c representa un parámetro importante en la aplicación del método propuesto. Para la investigación se obtienen los K_c por experto tal como refiere la tabla 2

Tabla:

Tabla 2. Coeficiente de conocimiento por expertos €.

E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
0,60	0,90	0,60	1	0,90	1	0,80	0,80	1

Adicionalmente, se realizaron cuatro preguntas a los expertos con el objetivo de evaluar su nivel de conocimiento sobre el tema. Los resultados fueron los siguientes:

- Pregunta 1: En relación a los análisis teóricos realizados por los expertos sobre el uso de tecnología arduino en clases de asignaturas STEM, 5 expertos se autoevaluaron con un nivel Alto y 2 con un nivel Medio.
- Pregunta 2: Respecto a estudios publicados por autores ecuatorianos sobre la misma evaluación, 5 expertos se calificaron con un nivel Alto, 2 con un nivel Medio y 2 con un nivel Bajo.
- Pregunta 3: Sobre el contacto directo en impartición de clases prácticas de programación, 5 expertos indicaron un nivel Alto, 3 un nivel Medio y 1 un nivel Bajo.
- Pregunta 4: En cuanto al conocimiento del estado actual de esta actividad, 4 expertos se autoevaluaron con un nivel Alto, 4 con un nivel Medio y 1 con un nivel Bajo.

La figura 3 muestra una gráfica con el comportamiento de los coeficientes de conocimiento de los expertos. A partir del análisis de los resultados se determina utilizar 7 de los 9 expertos previstos inicialmente.

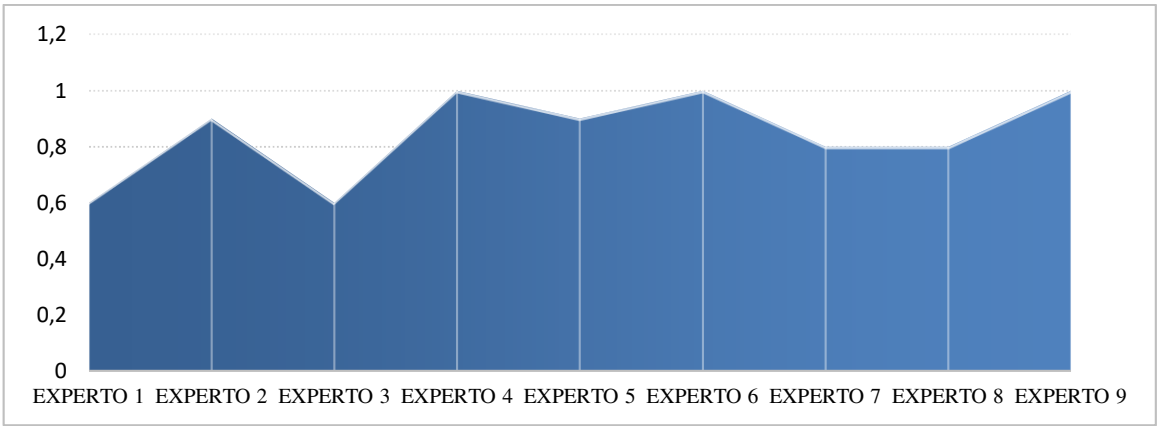


Figura 3. Representación del coeficiente de conocimiento de los expertos.

Actividad 2 Identificación de criterios de evaluación

Para la actividad se realizó una encuesta a los expertos que intervienen en el proceso. El objetivo consistió en identificar los criterios para la evaluación del prototipo de carro foto sensible implementado en arduino para aprendizaje didáctico. Los indicadores constituyen el elemento fundamental sobre el cual se realiza el procesamiento en etapas siguientes. La tabla 3 visualiza los criterios evaluativos obtenidos de la actividad.

Tabla 3: Criterios evaluativos obtenidos.

ID	Criterios	Descripción
C_1	Efectividad en el aprendizaje	Se evaluará cómo el prototipo contribuye a la comprensión de conceptos de electrónica y programación, así como su impacto en el aprendizaje activo de los estudiantes.
C_2	Interactividad	Se analizará el nivel de participación activa que el recurso proporciona a los estudiantes, incluyendo la capacidad del prototipo para facilitar experimentación y resolución de problemas en entornos prácticos.
C_3	Accesibilidad	Se considerará la facilidad de uso del prototipo, tanto en términos técnicos como de costo, evaluando si los recursos necesarios son asequibles y si su implementación es viable en diferentes contextos educativos.
C_4	Flexibilidad	Se verificará la capacidad del prototipo para adaptarse a diferentes escenarios de enseñanza y aprendizaje, así como su potencial para ser utilizado en diversas actividades y materias.
C_5	Durabilidad y fiabilidad	Este criterio enfocará en la resistencia del prototipo durante el uso en el aula, incluyendo su desempeño en condiciones variadas y la capacidad de mantener la funcionalidad a lo largo del tiempo.
C_6	Innovación	Se valorará la originalidad del enfoque pedagógico proporcionado por el prototipo, así como su capacidad para introducir nuevas metodologías y tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Actividad 3 Determinación de los pesos de los criterios

Para determinar los pesos sobre los criterios se utilizó un enfoque multiexperto, en el que participaron los 7 seleccionados en la actividad 1. Con el empleo de 2-tuplas tal como propone la tabla 1 se realizó el trabajo por el grupo de expertos. A partir de la agregación realizada mediante la ecuación 9 se unifican los pesos de los 7 expertos en un valor agregado. La tabla 4 muestra el resultado de los vectores de pesos resultantes de la actividad.

Tabla 4: Pesos de los criterios a partir del criterio de experto.

ID	Vectores de pesos W para los criterios C
C_1	[0.80, 0.1, 0.1]
C_2	[1,0,0]
C_3	[1,0,0]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]
C_5	[1,0,0]
C_6	[0.90, 0.1, 0.1]

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas

Para el estudio de caso propuesto con el objetivo de evaluar el prototipo de carro foto sensible implementado en arduino para aprendizaje didáctico, se realizó una evaluación del cumplimiento de los criterios. Se tomó como información de partida los vectores de pesos atribuidos a cada criterio evaluativo. Se evaluó el cumplimiento de los indicadores con el empleo del conjunto de etiquetas lingüísticas. Se obtuvo como resultado un sistema con valores difusos que se agregan como valores de salidas. La tabla 5 muestra el resultado del procesamiento realizado.

Tabla 5: Resultado de las evaluaciones obtenidas por los expertos.

ID	W	Preferencia	$\sum_{j=1}^{n} w_j b_j$
C_1	[0.80, 0.1, 0.1]	[0.80, 0.1, 0.1]	[0.80, 0.1, 0.1]
C_2	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_3	[1,0,0]	[0.60,0.35,0.40]	[0.80, 0.1, 0.1]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_5	[1,0,0]	[0.60,0.35,0.40]	[0.86, 0.1, 0.1]
C_6	[0.90, 0.1, 0.1]	[0.80, 0.1, 0.1]	[0.85, 0.1, 0.1]
Índice			[0.85, 0.1, 0.1]

La figura 4 muestra el comportamiento de las inferencias sobre los criterios evaluativos para el caso de estudio propuesto.

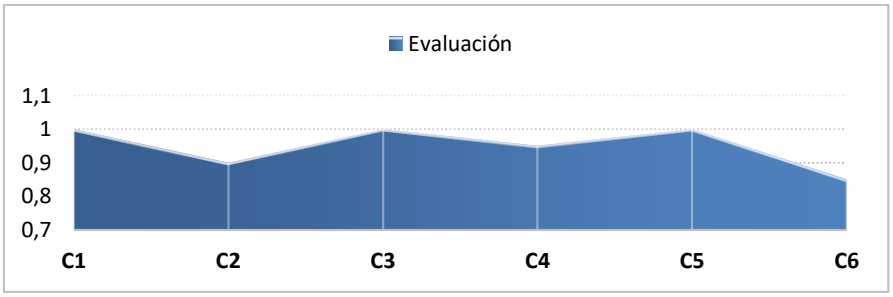


Figura 4. Comportamiento de las inferencias.

A partir del análisis presentado en la tabla 5, el método multicriterio neutrosófico devolvió como resultado un índice de impacto de 0.85 para el prototipo de carro foto sensible empleado como recurso de aprendizaje, lo que constituye una evaluación muy favorable.

4 Discusión

El uso de recursos de aprendizaje prácticos en la educación STEM ha demostrado ser fundamental para facilitar una comprensión más profunda de los conceptos relacionados con la electrónica y la programación. Al aplicar un prototipo de carro fotosensible basado en Arduino, se ha observado que los estudiantes no solo se involucran de manera activa en su aprendizaje, sino que también logran una conexión directa con la teoría mediante la práctica. Esta metodología no solo enriquece su experiencia educativa, sino que también les permite enfrentar problemas reales y desarrollar habilidades críticas necesarias en sus futuras carreras [8-36].

La efectividad de este tipo de recursos en el aprendizaje activo es especialmente relevante, dado que los estudiantes tienden a retener mejor la información cuando están activamente implicados en su proceso educativo. Este enfoque práctico no solo mejora la comprensión de los conceptos técnicos, sino que también fomenta el pensamiento crítico y la creatividad. Los alumnos pueden experimentar con distintos escenarios, realizar pruebas y ajustar variables, lo que no solo promueve el aprendizaje, sino que también genera un entorno en el que la exploración y el error se convierten en oportunidades de crecimiento.

La interactividad del prototipo es otro aspecto crucial que se debe destacar. Este tipo de recursos permite a los estudiantes jugar un rol protagónico en su educación, al experimentar con el carro y observar en tiempo real cómo sus decisiones afectan el comportamiento del modelo. La capacidad de experimentar y resolver problemas en un entorno práctico no solo fortalece su confianza, sino que también los prepara para futuros entornos laborales, donde el aprendizaje continuo y la adaptabilidad son esenciales [6].

La usabilidad del prototipo es igualmente importante. La evaluación de la accesibilidad técnica y económica

del recurso revela que es un modelo que puede ser implementado en diversos contextos educativos. Esta característica lo convierte en una herramienta valiosa, ya que permite a instituciones con diferentes niveles de recursos a adoptar metodologías innovadoras sin la necesidad de grandes inversiones. La facilidad de uso del hardware y software involucrados también juega un papel vital, ya que permite a los educadores implementar el recurso con un mínimo esfuerzo técnico, centrándose en la enseñanza en lugar de en la tecnología [1].

La flexibilidad del prototipo expande aún más su aplicabilidad. Este recurso no está limitado a un solo campo de estudio; podría integrarse en diversas materias, desde ciencias físicas hasta matemáticas y programación. La capacidad de adaptar el uso del carro fotosensible a diferentes ambientes de enseñanza permite a los educadores personalizar su implementación, sacando el máximo provecho de las diversas realidades educativas de sus alumnos.

La durabilidad y fiabilidad del prototipo se convierten en elementos esenciales para su uso exitoso en el aula. Un recurso que puede resistir el uso continuo y enfrentar diversas condiciones presenta un gran valor a largo plazo. Los educadores deben confiar en que las herramientas que utilizan en sus clases mantendrán su funcionalidad a lo largo del tiempo, lo que se traduce en una inversión que realmente impacta en el aprendizaje de los estudiantes.

Asimismo, es relevante considerar la innovación que aporta este enfoque pedagógico [9]. La introducción de nuevas metodologías y tecnologías es necesaria para mantener el interés y el compromiso de los estudiantes. Al incorporar un prototipo que aumenta la interacción y la experimentación, se revitaliza el entorno de aprendizaje, creando una atmósfera más dinámica y estimulante que atrae la atención de los estudiantes hacia conceptos que podrían parecer abstractos o monótonos.

El alto índice de impacto obtenido a través del Método Multicriterio Neutrosófico, con un resultado de 0.85, valida la efectividad del prototipo como un recurso educativo eficaz. Esta evaluación positiva no solo resalta la calidad del prototipo, sino que también sugiere que otros educadores podrían beneficiarse al adoptarlo en sus aulas, ofreciendo un modelo que podría servir como referencia para desarrollos futuros en el ámbito de herramientas audiovisuales y prácticas.

Además, conviene mencionar que el aprendizaje basado en proyectos, similar al que propicia el uso del carro fotosensible, ha demostrado ser esencial para fomentar la participación activa y el compromiso de los estudiantes. Esta metodología les permite trabajar de manera colaborativa, desarrollando habilidades interpersonales que son vitales en el mundo laboral. La combinación de aprendizaje práctico y colaboración refuerza el impacto educativo, generando un entorno donde los estudiantes se sienten motivados a contribuir y aprender.

El empleo de recursos educativos prácticos como el prototipo de carro fotosensible tiene el potencial de revolucionar la manera en que se enseña y aprende en las áreas STEM. Al fomentar la interactividad, accesibilidad, flexibilidad y durabilidad, se establece un nuevo estándar para la educación, asegurando que los estudiantes estén preparados para enfrentar los desafíos del futuro con confianza y creatividad.

5 Conclusión

El presente trabajo de investigación ha puesto de manifiesto la efectividad del prototipo de carro fotosensible como una herramienta educativa que permite a los estudiantes aplicar y comprender los principios fundamentales de la electrónica, electricidad y programación. A través de un enfoque didáctico e interactivo, los estudiantes no solo se familiarizan con conceptos técnicos, sino que adquieren un aprendizaje significativo que trasciende la mera memorización, favoreciendo una comprensión más profunda de los principios en cuestión.

La implementación de una máquina virtual de Linux como plataforma de desarrollo para el código del Arduino se reveló como una estrategia eficaz. Esta configuración no solo permitió a los estudiantes aprender sobre los diferentes aspectos de los sistemas operativos, como procesadores, núcleos, hilos y máquinas virtuales, sino que también proporcionó un entorno controlado que facilitó la aplicación práctica de conceptos básicos de programación. La posibilidad de experimentar en un entorno flexible es crucial para fomentar la curiosidad y el aprendizaje activo en un ámbito tan técnico y en constante evolución.

Los resultados obtenidos a través del Método Multicriterio Neutrosófico corroboran que el uso del prototipo tuvo un impacto positivo en la enseñanza de la electrónica y la programación. Los estudiantes mostraron mayores niveles de interés y comprensión de los temas tratados, lo que es un indicador alentador sobre la efectividad de metodologías basadas en el aprendizaje práctico. Al mismo tiempo, los educadores valoraron la incorporación de una herramienta tan práctica, reconociendo su potencial para enriquecer la experiencia educativa y ofrecer una forma más tangible de abordar conceptos abstractos.

Es importante señalar que el aprendizaje activo promovido por la interacción con el prototipo no solo aumenta la retención del conocimiento, sino que también contribuye al desarrollo de habilidades críticas, como la resolución de problemas y el pensamiento lógico. Estas habilidades son esenciales en el contexto actual, donde la innovación y la capacidad de adaptarse rápidamente a nuevas tecnologías son fundamentales.

El prototipo de carro fotosensible, junto con la configuración de la máquina virtual, representa un avance significativo en la educación STEM. Su flexibilidad y facilidad de uso lo convierten en un recurso valioso en aulas de diversas características. Este enfoque dinámico y práctico sugiere que existen nuevas posibilidades para mejorar

la educación en disciplinas técnicas y científicas, contribuyendo no solo al crecimiento académico de los estudiantes, sino también a su preparación para futuros desafíos en el ámbito laboral.

Referencias

[1] K. Xie, G. Di Tosto, S.-B. Chen, and V. W. Vongkulluksn, "A systematic review of design and technology components of educational digital resources," *Computers & education,* vol. 127, pp. 90-106, 2018.

[2] A. T. Ottenbreit-Leftwich, T. A. Brush, J. Strycker, S. Gronseth, T. Roman, S. Abaci, S. Shin, W. Easterling, and J. Plucker, "Preparation versus practice: How do teacher education programs and practicing teachers align in their use of technology to support teaching and learning?," *Computers & Education,* vol. 59, no. 2, pp. 399-411, 2012.

[3] C. Peña, *Arduino IDE: Domina la programación y controla la placa*: RedUsers, 2020.

[4] E. Campos, S. Tecpan, and G. Zavala, "Argumentación en la enseñanza de circuitos eléctricos aplicando aprendizaje activo," *Revista Brasileira de Ensino de Física,* vol. 43, pp. e20200463, 2021.

[5] O. Y. Rivera Rojas, and C. E. Rippe Valbuena, "Desarrollo e Implementación de un Carro Robótico con Movimiento Autónomo en Arduino incorporando IoT," UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, 2022.

[6] A. L. Veloz, and D. V. Acuña, "Sistema de riego automatizado en el caserío Sigualo del Cantón Pelileo," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 4, pp. 271-281, 2023.

[7] C. Hernández, R. H. Palacios, and F. de Jesús Núñez-Cárdenas, "Instalación y configuración de Pfsense en máquina virtual con VirtualBox," *Ciencia Huasteca Boletín Científico de la Escuela Superior de Huejutla,* vol. 11, no. 22, pp. 22-31, 2023.

[8] D. E. R. Porras, S. M. Olán, S. A. G. Vivas, and I. d. C. T. Gómez, "Variables que inciden en el déficit de programadores en México," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 6, pp. 774-794, 2023.

[9] E. B. Chiriboga-Mera, M. A. González-Partidas, D. D. López-Carvajal, and L. O. Albarracín-Zambrano, "Carro foto sensible mediante Arduino en una máquina virtual de Linux para aprendizaje didáctico," *CIENCIAMATRIA,* vol. 10, no. 2, pp. 1706-1715, 2024.

[10] S. H. d. M. Fernández. "Criterio de expertos. Su procesamiento a través del método Delphy," http://www.ub.edu/histodidactica/index.php?option=com_content&view=article&id=21:criterio-de-expertos-su-procesamiento-a-traves-del-metodo-delphy&catid=11:.

[11] Z.-S. Chen, K.-S. Chin, and K.-L. Tsui, "Constructing the geometric Bonferroni mean from the generalized Bonferroni mean with several extensions to linguistic 2-tuples for decision-making," *Applied Soft Computing,* vol. 78, pp. 595-613, 2019.

[12] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[13] J. Giráldez-Cru, M. Chica, O. Cordón, and F. Herrera, "Modeling agent-based consumers decision-making with 2-tuple fuzzy linguistic perceptions," *International Journal of Intelligent Systems,* vol. 35, no. 2, pp. 283-299, 2020.

[14] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[15] J. P. Ramos-Carpio, O. J. A. Machado, J. E. Ricardo, and A. B. M. Vasquez, "Assessing Higher Education's Role in Personality Formation Using NeutroAlgebra," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 71, pp. 50-57, 2024.

[16] M. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and F. Smarandache, *Enhancing set-theoretic research methods with neutrosophic sets*: Infinite Study, 2024.

[17] M. Y. L. Vázquez, N. B. Hernández, J. E. Ricardo, and J. F. G. García, "Aplicación de análisis de sentimientos y enfoques neutrosóficos para la comprensión de información textual en la investigación," *Revista Conrado,* vol. 19, no. 94, pp. 294-300, 2023.

[18] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, *La Neutrosofía como herramienta para abordar la vaguedad lingüística en el análisis de textos de dilemas etico*: Infinite Study, 2024.

[19] S. Schmied, D. Großmann, S. G. Mathias, and S. Banerjee, "Vertical Integration via Dynamic Aggregation of Information in OPC UA." pp. 204-215.

[20] P. T. Schultz, R. A. Sartini, and M. W. Mckee, "Aggregation and use of information relating to a users context for personalized advertisements," Google Patents, 2019.

[21] N. Gospodinov, and E. Maasoumi, "Generalized Aggregation of Misspecified Models: With An Application to Asset Pricing," 2019.

[22] B. B. Fonseca, L. C. M. Benitez, and Á. M. H. Oliva, "La estructura de desglose del trabajo como mecanismo viable para la generación de proyectos exitosos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 5, pp. 63-75, 2019.

[23] A. Rodríguez, A. D. C. R. Gonzalez, J. C. P. Tarragó, and D. L. D. Gálvez, "Implementación de algoritmos de Inteligencia Artificial en la predicción de nuevos conocimientos mediante enseñanza constructivista," *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 3, pp. 131-141, 2021.

[24] V. d. R. P. Rodríguez, "Las TIC y la educación en los tiempos de pandemia," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 6, pp. 104-117, 2021.

[25] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[26] X. He, "Typhoon disaster assessment based on Dombi hesitant fuzzy information aggregation operators," *Natural Hazards,* vol. 90, no. 3, pp. 1153-1175, 2018.

[27] R. R. Yager, and D. P. Filev, "Induced ordered weighted averaging operators," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics),* vol. 29, no. 2, pp. 141-150, 1999.

[28] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[29] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[30] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[31] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[32] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[33] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[34] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[35] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[36] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 25, 2025. Aceptado: marzo 15, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para la evaluación en la gestión de membresías en el gimnasio AAPFT en la ciudad de Ambato

Neutrosophic method for evaluation in membership management at AAPFT gym in Ambato City

Joel Alexander Acosta Melo [1], Luis Sebastián Cañar Teneda[2], Paulo Ariel Yépez Benavides[3], Luis Javier Molina Chalacán[4],

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. joelam14@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. luisct56@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. pauloyb27@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. uq.luismolina@uniandes.edu.ec

Resumen. A partir de insatisfacción de los clientes del gimnasio AAPFT en la ciudad de Ambato se ha evidenciado una disminución en el número de miembros activos lo que provoca pérdida de miembros afectando negativamente la reputación. Esta problemática genera como resultado menores ingresos mensuales para el gimnasio, lo que dificulta cubrir los gastos operativos y mejorar los servicios ofrecidos, poniendo en riesgo la estabilidad financiera a largo plazo. La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un método neutrosófico para la evaluación en la gestión de membresías en el gimnasio AAPFT en la ciudad de Ambato. Como resultado se obtuvo un sistema informático que permite la gestión de miembros activos. La toma de decisiones oportuna que mitigue el riesgo real de cierre del gimnasio debido a la incapacidad para mantener operaciones rentables.

Palabras Claves: números neutrosófico, evaluación en la gestión de membresías, gimnasio AAPFT, ciudad de Ambato.

Abstract. Due to the dissatisfaction of the clients of the AAPFT gym in the city of Ambato, a decrease in the number of active members has been evidenced, which causes the loss of members, negatively affecting the reputation. This problem results in lower monthly income for the gym, which makes it difficult to cover operating expenses and improve the services offered, putting long-term financial stability at risk. The present research aims to develop a neutrosophic method for the evaluation of membership management at the AAPFT gym in the city of Ambato. As a result, a computer system was obtained that allows the management of active members. Timely decision-making that mitigates the real risk of the gym closing due to the inability to maintain profitable operations.

Keywords: neutrosophic numbers, evaluation in membership management, AAPFT gym, city of Ambato.

1 Introducción

La satisfacción de los clientes es un componente crucial para el éxito de cualquier negocio, y los gimnasios no son la excepción. En la ciudad de Ambato, el gimnasio AAPFT ha enfrentado recientes desafíos relacionados con la insatisfacción de sus miembros, lo que ha llevado a una disminución notable en el número de clientes activos. Esto no solo afecta la dinámica del gimnasio, sino que también impacta negativamente en su reputación y estabilidad financiera.

La pérdida de miembros activos ha generado una reducción en los ingresos mensuales, dificultando la capacidad del gimnasio para cubrir sus gastos operativos. Esta problemática resalta la importancia de abordar y mejorar la gestión de membresías como una estrategia clave para garantizar la continuidad del gimnasio. Sin una intervención adecuada, el riesgo de cierre por falta de rentabilidad se incrementa, lo que alarmaría a empleados, miembros y a la comunidad que depende de sus servicios.

Para enfrentar esta situación, es fundamental entender las razones detrás de la insatisfacción de los clientes y cómo estas pueden ser mitigadas. El desarrollo de un método neutrosófico para la evaluación de la gestión de membresías surge como una solución innovadora para abordar estos problemas. La neutrosofía permite manejar

la ambigüedad y la imprecisión inherentes a la toma de decisiones en contextos complejos, proporcionando un enfoque estructurado para la evaluación.

El objetivo principal de esta investigación es implementar un sistema que permita gestionar de manera más efectiva los miembros activos en el gimnasio AAPFT. Esto implica analizar variables críticas que afectan la experiencia del cliente, tales como la calidad del servicio, la disponibilidad de equipos, y la atención personalizada. Al sistematizar y evaluar estas variables mediante un enfoque neutrosófico, se espera facilitar la toma de decisiones informadas y oportunas.

El sistema informático resultante no solo permitirá gestionar eficientemente a los miembros, sino que también proporcionará herramientas para identificar áreas de mejora y oportunidades de desarrollo. A medida que el gimnasio aumenta la satisfacción de sus miembros, es probable que se genere un efecto positivo en la retención de clientes y en la adquisición de nuevos, lo que a su vez contribuirá a una mayor estabilidad financiera.

Además, la implementación de este método podría servir como modelo para otros gimnasios en situaciones similares, estableciendo un precedente en la gestión de servicios deportivos. Esta investigación pone de manifiesto la necesidad de un enfoque proactivo y adaptativo en la gestión de gimnasios, particularmente en tiempos de incertidumbre y competencia creciente en el sector.

La capacidad de adaptarse a estas necesidades del cliente y de mejorar continuamente los servicios proporcionados es esencial para la sostenibilidad a largo plazo del gimnasio AAPFT. En resumen, la combinación de un enfoque neutrosófico y un sistema informático integral representa una estrategia prometedora para revitalizar la gestión de membresías y asegurar el futuro del gimnasio AAPFT en Ambato.

Actualmente, las aplicaciones web diseñadas para la gestión de membresías se han convertido en herramientas fundamentales en diversas industrias, incluida la del fitness. Estas plataformas centralizadas permiten administrar y supervisar de manera efectiva las membresías de los clientes. Al contar con funcionalidades como el registro de usuarios, seguimiento de pagos y gestión de horarios y reservas, facilitan el trabajo de los administradores y optimizan la experiencia del cliente. Además, promueven una comunicación más efectiva entre el gimnasio y sus miembros, lo que resulta en una mayor satisfacción y retención de clientes.

Implementar una aplicación para la gestión de membresías tiene un impacto considerable en la manera en que se gestionan los clientes en diversas industrias. Al simplificar los procesos administrativos y ofrecer acceso inmediato a información y servicios, estas aplicaciones enriquecen la experiencia del cliente y refuerzan la relación entre la empresa y sus usuarios. Facilitan la comunicación bidireccional, permitiendo a los clientes realizar reservas, recibir notificaciones relevantes y acceder a servicios personalizados de forma conveniente. Las aplicaciones web para la gestión de membresías son herramientas esenciales para mejorar la eficiencia operativa y aumentar la satisfacción del cliente en una variedad de sectores.

La figura 1 muestra una representación un modelo conceptual de todos los usuarios que intervienen en el sistema, como elementos de entrada se encuentra el administrador, socios, recepción autenticados por JWT, los procesos del sistema corresponden a los lenguajes de programación, frameworks, IDEs, Host, controlador de versiones y repositorios, que se utilizan para la funcionalidad de la aplicación como lo son: Java, Html, Css, JavaScript, Spring Boot, JSON Web Token, Intellij IDEA, GIT, Visual Studio, GitHub, RailWay Host, ORM Hibernate. Finalmente, los elementos de salida son lo que realizan los clientes y obtienen su respuesta a la petición que han hecho, como los socios obtendrán información de su cuenta, el administrador tendrá sus reportes de su gimnasio, y así también el encargado de recepción.

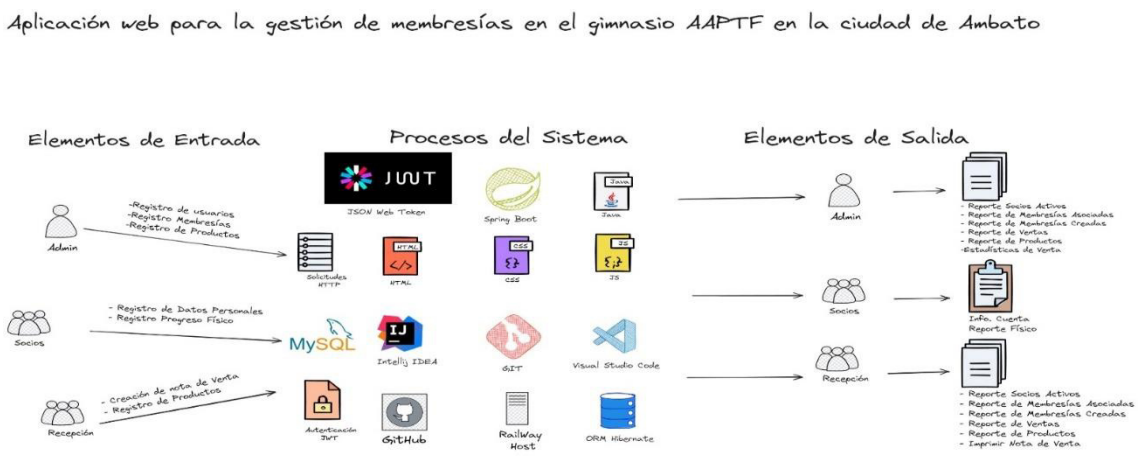


Figura 1. Representación conceptual de la propuesta.

Antecedentes de Estudio

Estudios recientes indican que la gestión manual de usuarios en gimnasios se ha vuelto obsoleta, subrayando la importancia de adoptar técnicas y herramientas modernas que mejoren la eficiencia y la administración en estos establecimientos [1-30]. Para adaptarse a las demandas actuales y garantizar un servicio de calidad, se propone la implementación de un sistema especializado para la gestión de usuarios y membresías.

La correcta gestión de facturas, como parte del registro legal, es fundamental en la administración empresarial, ya que proporciona respaldo a los acuerdos entre clientes y proveedores. Históricamente, el uso de facturas en formato escrito en lugar de virtual ha llevado a pérdidas de información y a una menor atención de las partes involucradas, tal como se documentó en el estudio de [2-31].

Un estudio realizado en un gimnasio de Lima por [3] implementó un sistema web para optimizar la gestión administrativa. Este enfoque resultó en mejoras significativas en eficiencia y confiabilidad, registrando aumentos del 45.01% y 50.96%, respectivamente, en comparación con los datos previos a la implementación. Sin embargo, el estudio no evidenció cambios en las proyecciones, aunque se observó una mejora del 46.71% en el tiempo de respuesta en el post-test.

En otro proyecto presentado en [4] desarrolló un sistema web para el gimnasio Las Estrellas en el cantón Milagro, con el fin de automatizar los servicios y gestionar el mantenimiento de equipos. La planificación del sistema incluyó la recopilación de datos mediante encuestas a los clientes y entrevistas con el dueño del gimnasio. Utilizando el lenguaje de programación PHP y el gestor de bases de datos MySQL, se logró una mejora notable en la eficiencia de la gestión del gimnasio, lo que se tradujo en una atención al cliente más efectiva.

La investigación de [5-32] sobre los problemas administrativos de "Bull Gym Fitness" reveló deficiencias en el control de flujos de servicios y en el registro de información de clientes. La solución propuesta fue un sistema web diseñado para ser intuitivo y adaptable a las necesidades específicas del gimnasio, permitiendo una óptima administración de los recursos, así como un mejor control de las membresías y la información de los clientes a través de un sistema de inicio de sesión con permisos adecuados.

El proyecto de [6-33] abordó la necesidad de adoptar tecnologías para mejorar la organización en gimnasios, reconociendo que la gestión manual es costosa en términos de tiempo y recursos. Se desarrolló un programa de organización que facilita la administración de empleados, equipos y actividades como cursos y clases. Este enfoque se centró en la organización de actividades en una red de gimnasios, permitiendo el acceso a una aplicación web desde cualquier dispositivo con navegador, lo que mejoró la eficiencia operativa y la competitividad en el mercado.

Por último, el trabajo de investigación de [7-34] se enfocó en el diseño y desarrollo de una aplicación web para la gestión de gimnasios. Este proyecto fue exitoso en ofrecer una solución adaptable y funcional para diferentes dispositivos, demostrando la viabilidad de un sistema de membresías que permite a los usuarios gestionar su información, consultar rutinas, ver estadísticas y reportar incidencias de forma intuitiva. La utilización de tecnologías como ExpressJS para el backend y Angular para el frontend mejoró significativamente la experiencia del usuario y la eficiencia en el desarrollo, además de fortalecer las habilidades del autor en tecnologías emergentes, validando la idoneidad del sistema en el mercado actual.

2 Diseño del método neutrosófico para la evaluación en la gestión de membresías en el gimnasio AAPFT en la ciudad de Ambato

La presente sección realiza una descripción del método propuesto. Se detallan las diferentes actividades que garantizan la inferencia de la etapa procesamiento. Las actividades están computadas por: (i) identificar los criterios evaluativos; (ii) determinar las relaciones causales; (iii) obtener el MCN resultante de las relaciones causales; y (iv) inferencia del proceso [8-10]. La Figura 2 muestra el flujo de la etapa de procesamiento.

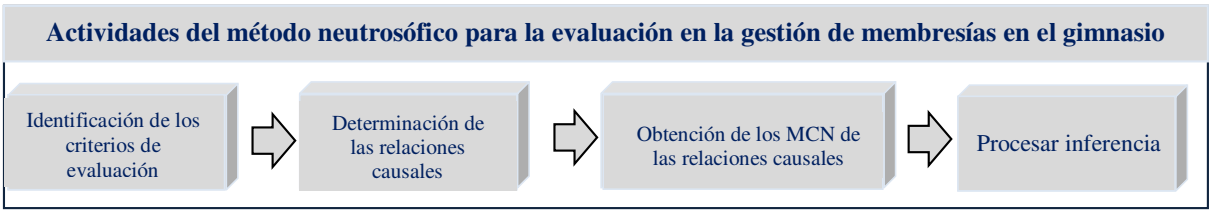


Figura 2. Flujo de trabajo de la etapa de procesamiento para la evaluación en la gestión de membresías en el gimnasio AAPFT en la ciudad de Ambato

Actividad 1: Identificación de los criterios evaluativos.

La actividad inicia con la identificación de los expertos que intervienen en el proceso. A partir del trabajo del grupo de experto se determinan los criterios que se tendrán en cuenta para la inferencia del proceso. La actividad utiliza un sistema de trabajo en grupo mediante un enfoque multicriterios. Formalmente se puede definir el problema de recomendación de la guarda a menores a partir de la responsabilidad parental mediante el número de indicadores evaluativos del proceso, donde:

$$I = \{i_1, \dots i_n\} \quad (1)$$

El número de expertos que interviene en la valoración multicriterio, donde:

$$E = \{m_1, \dots m_n\} \quad (2)$$

El resultado de la actividad es la obtención de los diferentes indicadores evaluativos en la gestión de membresías en el gimnasio AAPFT en la ciudad de Ambato.

Actividad 2: determinaciones de las relaciones causales de los criterios.

Una vez que se han establecido los criterios evaluativos, se procede a identificar las relaciones causales entre ellos. Estas relaciones causales son fundamentales, ya que reflejan cómo los diferentes criterios evaluativos se influyen entre sí y contribuyen a los resultados generales del análisis. La identificación de estas relaciones implica un trabajo colaborativo en el que los participantes discuten y analizan la interconexión entre los conceptos evaluativos, permitiendo así un entendimiento más profundo de las dinámicas en juego.

La información obtenida de este proceso de análisis es esencial, ya que proporciona una base de conocimiento inicial que alimenta el proceso de inferencia. Al comprender cómo cada criterio se relaciona y afecta a los demás, se puede desarrollar una visión más clara y estructurada que facilite la toma de decisiones informadas. Este enfoque no solo enriquece la calidad del análisis, sino que también promueve la colaboración y el diálogo entre los miembros del grupo, lo que resulta en una evaluación más robusta y bien fundamentada. [11, 12, 35].

Las relaciones causales son representadas por variables difusas expresadas como términos lingüísticos [13]. En los modelos lingüísticos se suelen usar conjuntos de etiquetas lingüísticas con granularidad no superior a 13 [14, 15]. Es común utilizar conjuntos de granularidad impar, donde existe una etiqueta central y el resto de las etiquetas se distribuyen simétricamente a su alrededor.

Actividad 3: obtención del MCN.

Durante la etapa de ingeniería del conocimiento cada experto expresa la relación que existe entre cada par de conceptos C_i y C_j del mapa. Entonces, para cada relación causal se obtienen K reglas con la siguiente estructura: Si C_i es A entonces C_j es B y el peso W_{ij} es C. Cada nodo constituye un concepto causal, esta característica hace que la representación sea flexible para visualizar el conocimiento humano [16], [17]. La matriz de adyacencia se obtiene a partir los valores asignados a los arcos [18, 19, 36] .

Los valores que se obtienen por el grupo de experto que intervienen en el proceso son agregados conformándose el conocimiento general con las relaciones entre los criterios. La actividad obtiene como resultado el MCN resultante [20, 21].

A partir de la obtención de las relaciones causales, se realiza el análisis estático[22-25]. Se toma de referencia el conocimiento almacenado en la matriz de adyacencia. Para el desarrollo del presente método se trabaja con el grado de salida tal como muestra la ecuación (3) [26-28].

$$id_i = \sum_{i=1}^{n} \left\| I_{ji} \right\| \quad (3)$$

Actividad 4: procesamientos de la inferencia:

Un sistema modelado por un MCN evolucionará durante el tiempo, donde la activación de cada neurona dependerá del grado de activación de sus antecedentes en la iteración anterior. Normalmente este proceso se repite hasta que el sistema estabilice o se alcance un número máximo de iteraciones.

El procesamiento para la inferencia, consiste en calcular el vector de estado A a través del tiempo, para una condición inicial A^0 [29]. De forma análoga a otros sistemas neuronales, la activación de C_i dependerá de la activación las neuronas que inciden directamente sobre el concepto C_i y de los pesos causales asociados a dicho concepto. La ecuación 6 muestra la expresión utilizada para el procesamiento.

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1; j\neq i}^{n} A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \quad (4)$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji}: es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y f (x) es la función de activación.

Los sistemas inestables pueden ser totalmente caóticos o cíclicos, y son frecuentes en modelos continuos. En resumen, el proceso de inferencia en un MCD puede mostrar una de las siguientes características:

- Estados de estabilidad: si $\exists tk \in \mathbb{N}: A_i^{(t+x)} = A_i^{(t)} \forall t > tk$ por tanto, después de la iteración tk el FCM producirá el mismo vector de estado. Después esta configuración es ideal, pues representa la codificación de un patrón oculto en la causalidad.
- Estados cíclicos: si $\exists tk, P \in \mathbb{N}: A_i^{(t+p)} = A_i^{(t)} \forall t > tk$. El mapa tiene un comportamiento cíclico con periodo P. En este caso el sistema producirá el mismo vector de estado cada P-ciclos del proceso de inferencia.
- Estado caótico: el mapa produce un vector de estado diferente en cada ciclo. Los conceptos siempre varían su valor de activación.

3 Implementación del método para la evaluación en la gestión de membresías en el gimnasio AAPFT en la ciudad de Ambato

La presente sección ilustra la implementación del método propuesto. Se describe un estudio de caso para la evaluación en la gestión de membresías en el gimnasio AAPFT en la ciudad de Ambato. A continuación se describen los resultados del estudio:

Actividad 1 Identificación de los criterios evaluativos:

Para el desarrollo de estudio, se consultaron 3 expertos. El grupo representa la base para la definición de los criterios evaluativos y las relaciones causales. A partir del trabajo realizado por el grupo de expertos se identificaron el conjunto de criterios. La tabla 1 muestra el resultado de los criterios identificados.

Tabla 1. Criterios evaluativos.

No.	Criterios	Descripción
1	Satisfacción del Cliente	Mide el nivel de satisfacción de los miembros con respecto a las instalaciones, el servicio al cliente, la calidad de los entrenadores y la variedad de actividades disponibles. Pueden utilizarse encuestas y entrevistas para recoger esta información.
2	Tasa de Retención de Miembros	Analiza el porcentaje de miembros que continúan su membresía a lo largo del tiempo. Una alta tasa de retención indica un servicio de calidad, mientras que una baja sugiere problemas que necesitan ser abordados.
3	Eficiencia en el Registro y Gestión de Membresías	Evalúa la eficacia del sistema utilizado para registrar a los nuevos miembros, gestionar renovaciones y procesar pagos. Un sistema eficiente debe minimizar errores y demoras en estos procesos.
4	Accesibilidad y Uso de Tecnología	Examina la facilidad de uso de la plataforma de gestión de membresías, incluyendo la capacidad de los miembros para acceder a sus cuentas, reservas de clases y pagos a través de dispositivos móviles o computadoras.
5	Variedad y Calidad de Programas Ofrecidos	Valora la diversidad de clases y servicios disponibles para los miembros, como entrenamientos grupales, sesiones personales y actividades recreativas. La calidad de estos programas es crucial para atraer y retener miembros.
6	Comunicación y Relación con los Miembros	Mide la efectividad de la comunicación entre el gimnasio y sus miembros, incluyendo la frecuencia y claridad de las actualizaciones sobre actividades, promociones y cambios en el horario.
7	Impacto Financiero	Analiza los ingresos generados por las membresías en comparación con los costos operativos. Un enfoque en el impacto financiero ayuda a identificar áreas que requieran optimización para mantener la viabilidad del gimnasio

Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales de los criterios:

Para la identificación de las relaciones causales se obtuvo la información del grupo de expertos que participa en el proceso. Se identificación como resultado 3 matrices de adyacencia con el conocimiento expresado por cada experto. Las matrices pasaron por un proceso de agregación en la que se genera como resultado final una matriz de adyacencias resultante. Los valores de causalidad son definidos a partir de números neutrosóficos según la escala definida en la tabla 2.

Tabla 2: Términos lingüísticos empleados.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente alto(EB)	[1,0,0]
Muy muy alto (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy alto (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Alto (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente alto (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media(M)	[0.50,0.50,0.50]

Término lingüístico	Números SVN
Medianamente bajo (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Bajo (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy bajo (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy bajo (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente bajo (EM)	[0,1,1]

La tabla 3 muestra la matriz de adyacencia resultante del proceso.

Tabla 3. Matriz de adyacencia a partir de los criterios evaluativos.

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	EM	EB	EB	MMB	MMB	MM	B
C_2	EB	EB	B	B	B	MMB	EM
C_3	MMB	MM B	EM	EB	M	MMB	MMB
C_4	MMB	M	B	B	EB	EB	B
C_5	EB	EM	B	M	EB	MDM	B
C_6	B	B	EB	M	M	MM	MMB
C_7	MMB	M	M	M	EM	EB	M

Actividad 3 obtención del MCN:

Una vez obtenidos los indicadores evaluativos y sus relaciones causales correspondientes en la actividad 2, se realiza la representación del conocimiento en el MCN resultante.

Actividad 4 procesamientos de la inferencia:

La matriz de adyacencia posee el conocimiento necesario para determinar los pesos atribuidos a cada indicador evaluativo. Para calcular los pesos, se emplea la ecuación 3. La tabla 4 muestra los resultados del cálculo realizado.

Tabla 4: Peso atribuido a los indicadores criterios

Criterios	Peso
C_1	[0.8,0,15,0.20]
C_2	[1,0,0]
C_3	[0.9, 0.1, 0.1]
C_4	[1,0,0]
C_5	[0.9, 0.1, 0.1]
C_6	[0.9, 0.1, 0.1]
C_7	[1,0,0]

Una vez determinado los pesos de los indicadores. Se determinan las preferencias del comportamiento de los 15 criterios evaluativos. Las tabla 5 muestran los resultados del cálculo realizado.

Tabla 5: Cálculo de preferencias para la evaluación en la gestión de membresías en el gimnasio AAPFT en la ciudad de Ambato

Criterio	Peso	Preferencia	Agregación
C_1	[0.8,0,15,0.20]	[0.70,0.25,0.30]	[0.75,0.25,0.30]
C_2	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C_3	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_4	[1,0,0]	[0.8,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_5	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_6	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.70,0.25,0.30]	[0.8,0,15,0.20]
C_7	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.95, 0.1, 0.1]
Índice			[0.89,0,15,0.20]

La figura 3 muestra una gráfica las preferencias del comportamiento para los 7 criterios de análisis, a partir del procesamiento que se realiza según descripción de la tabla 5.

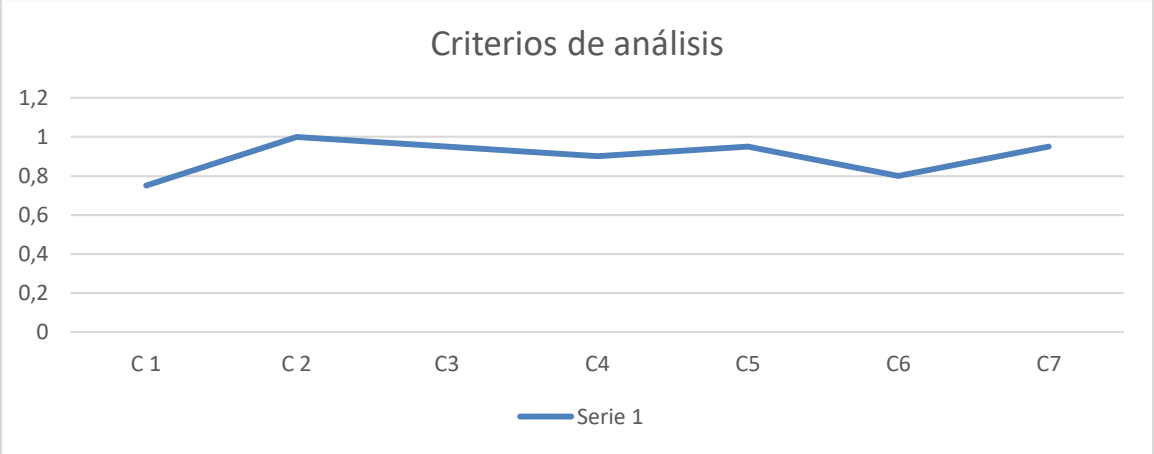


Figura 3. Comportamiento de los diferentes criterios de análisis.

4 Discusión

El resultado obtenido por el método neutrosófico en la evaluación de la gestión de membresías del gimnasio AAPFT en Ambato, con un índice de satisfacción de 0.89, refleja una percepción altamente positiva entre los miembros. Este valor indica que la gran mayoría de los usuarios están satisfechos con los servicios que se les ofrecen, lo que sugiere que el gimnasio ha logrado cumplir en gran medida con las expectativas de su clientela. La cercanía a un valor máximo de 1 resalta la efectividad en la atención, la calidad de las instalaciones y la variedad de programas disponibles, mostrando que el gimnasio ha creado un entorno acogedor y satisfactorio.

La alta satisfacción puede atribuirse a varios factores clave en la operación del gimnasio. En primer lugar, la calidad de atención al cliente parece ser un punto fuerte; el personal comprometido y bien capacitado juega un papel fundamental en la experiencia de los miembros. La interacción amigable y el apoyo continuo de los entrenadores y el equipo administrativo contribuyen a que los usuarios se sientan valorados y escuchados. Además, el mantenimiento adecuado de las instalaciones y la disponibilidad de equipamiento de calidad también son cruciales, ya que estos elementos impactan directamente en la experiencia general de los usuarios.

Asimismo, el resultado del índice de satisfacción sugiere que los miembros del gimnasio AAPFT se sienten parte de una comunidad activa y motivadora. Este sentido de pertenencia puede promover la interacción social entre los usuarios, favoreciendo un ambiente donde todos se apoyan en sus objetivos de fitness. La creación de eventos y actividades grupales puede ser un factor que potencie este aspecto comunitario, haciendo que los miembros se sientan más involucrados y conectados con el gimnasio.

A pesar del alto índice de satisfacción, un valor de 0.89 también indica la existencia de oportunidades para mejorar. Es fundamental seguir recogiendo retroalimentación de los miembros para identificar áreas específicas en las que se pueda incrementar aún más la satisfacción. La implementación de nuevas clases, mejoras en el servicio al cliente o la optimización de procesos administrativos pueden ser algunas de las estrategias a considerar. El resultado obtenido refuerza la idea de que AAPFT tiene una base sólida, pero siempre hay espacio para crecer y adaptarse a las necesidades cambiantes de sus miembros.

5 Conclusión

Con el desarrollo de un método neutrosófico se logra la evaluación en la gestión de membresías en el gimnasio AAPFT en la ciudad de Ambato lo que posibilita evitar insatisfacción de los clientes y la pérdida de miembros evitando afectaciones negativas a la reputación del gimnasio.

La implementación de una aplicación web para la gestión de membresías en el gimnasio AAPTF de Ambato constituye una solución estratégica y completa para enfrentar la reducción de miembros activos y optimizar la eficiencia operativa del negocio. Esta herramienta no solo moderniza los procesos del gimnasio, sino que también se adapta a las nuevas tecnologías del sector.

La automatización de procesos esenciales, como el registro de miembros y el seguimiento del progreso físico a través de la aplicación, asegurará una experiencia más fluida y satisfactoria para los usuarios. Esto, a su vez, contribuye a aumentar la satisfacción del cliente y fomentar su lealtad hacia el gimnasio.

Referencias

[1] D. J. C. Sihombing, "Development of Membership Management Application for Fitness Center using Extreme Programming Methodology," *Jurnal Ekonomi,* vol. 13, no. 02, pp. 736-744, 2024.

[2] M. A. Cabrejo Masco, and J. V. Zurita Torvisco, “Sistema web para la gestión de los servicios de membresía, citas y clases diarias de la empresa Crossfit La Parada, en Lima-Perú 2022,” 2022.
[3] D. B. Vilca Ayquipa, and J. A. Pulache Chanta, “Desarrollo de un sistema web para la gestión administrativa en un gimnasio, Lima 2022,” 2023.
[4] C. S. J. STALIN, “SISTEMA WEB PARA AUTOMATIZACION DE SERVICIOS Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS EN EL GIMNASIO DE LAS ESTRELLAS,” UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, 2021.
[5] G. P. Adauto Alvarado, and L. A. Torre Alvarez, “Desarrollar sistema web para mejorar la gestión administrativa del gimnasio “Bull Gym Fitness”, en Lima–Perú 2022,” 2023.
[6] J. J. Ortiz Ortega, “Aplicación Web para la gestión de una cadena de gimnasios,” 2020.
[7] I. Vicent Salvador, “Diseño y desarrollo de una plataforma de gestión de gimnasios,” 2022.
[8] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.
[9] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.
[10] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, “A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data,” *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.
[11] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.
[12] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.
[13] F. Smarandache, “Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.
[14] S. M. McCauley, and M. H. Christiansen, “Language learning as language use: A cross-linguistic model of child language development,” *Psychological review,* vol. 126, no. 1, pp. 1, 2019.
[15] Z. Wu, J. Xu, X. Jiang, and L. Zhong, “Two MAGDM models based on hesitant fuzzy linguistic term sets with possibility distributions: VIKOR and TOPSIS,” *Information Sciences,* vol. 473, pp. 101-120, 2019.
[16] B. B. Fonseca, L. C. M. Benitez, and Á. M. H. Oliva, “La estructura de desglose del trabajo como mecanismo viable para la generación de proyectos exitosos,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 5, pp. 63-75, 2019.
[17] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, “Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.
[18] M. Leyva-Vázquez, K. Pérez-Teruel, A. Febles-Estrada, and J. Gulín-González, “Modelo para el análisis de escenarios basado en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico,” *Ingeniería y Universidad,* vol. 17, pp. 375-390, 2013.
[19] K. Papageorgiou, P. K. Singh, E. Papageorgiou, H. Chudasama, D. Bochtis, and G. Stamoulis, “Fuzzy Cognitive Map-Based Sustainable Socio-Economic Development Planning for Rural Communities,” *Sustainability,* vol. 12, no. 1, pp. 1-31, 2019.
[20] A. P. Anninou, and P. P. Groumpos, “A new mathematical model for fuzzy cognitive maps-application to medical problems,” *Системная инженерия и информационные технологии,* vol. 1, no. 1, pp. 63-66, 2019.
[21] M. Khodadadi, H. Shayanfar, K. Maghooli, and A. H. Mazinan, “Fuzzy cognitive map based approach for determining the risk of ischemic stroke,” *IET systems biology,* vol. 13, no. 6, pp. 297-304, 2019.
[22] R. D. B. Garcia, and N. R. Y. Rodríguez, “Gestión del talento humano y su influencia en la contratación del personal,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 15, no. 6, pp. 128-141, 2022.
[23] B. M. P. Herrera, and L. Ruiz, “La educación a distancia en la educación superior cubana. Estudio de matrícula y desarrollo en la formación de pregrado,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 13, no. 3, pp. 76-89, 2020.
[24] A. Rodríguez, A. D. C. R. Gonzalez, J. C. P. Tarragó, and D. L. D. Gálvez, “Implementación de algoritmos de Inteligencia Artificial en la predicción de nuevos conocimientos mediante enseñanza constructivista,” *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 3, pp. 131-141, 2021.
[25] V. d. R. P. Rodríguez, “Las TIC y la educación en los tiempos de pandemia,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 6, pp. 104-117, 2021.
[26] E. White, and D. Mazlack, "Discerning suicide notes causality using fuzzy cognitive maps." pp. 2940-2947.
[27] M. Y. L. Vasquez, G. S. D. Veloz, S. H. Saleh, A. M. A. Roman, and R. M. A. Flores, “A model for a cardiac disease diagnosis based on computing with word and competitive fuzzy cognitive maps,” *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil,* vol. 19, no. 1, 2018.

[28] M. J. Ladeira, F. A. Ferreira, J. J. Ferreira, W. Fang, P. F. Falcão, and Á. A. Rosa, "Exploring the determinants of digital entrepreneurship using fuzzy cognitive maps," *International Entrepreneurship and Management Journal,* vol. 15, no. 4, pp. 1077-1101, 2019.

[29] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.

[30] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[31] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[32] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[33] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[34] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[35] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[36] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 25, 2025. Aceptado: marzo 15, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para la evaluación del sistema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético “Brii” en la ciudad de Santo Domingo

Neutrosophic method for the evaluation of the appointment scheduling and digital invoicing system for the aesthetic center “Brii” in the city of Santo Domingo

Justin Luis Moreira García [1], Raúl Alejandro Duran Enríquez [2], and Diego Paul Palma Rivera [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. justinmg45@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. raulde17@unaindes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. us.diegopalma@uniandes.edu.ec

Resumen. El objetivo de esta investigación es desarrollar un método neutrosófico para evaluar el sistema de agendamiento de citas y facturación digital del centro estético “Brii” en Santo Domingo, Ecuador. Los sistemas de citas, junto con la facturación digital, son herramientas fundamentales en la industria de la estética, ya que permiten gestionar eficientemente las solicitudes de servicios y mejorar la comunicación con los clientes. Sin embargo, es crucial verificar que estas plataformas realmente optimizan los procesos internos del centro, asegurando una experiencia fluida tanto para el personal como para los clientes. La evaluación neutrosófica proporcionará un marco analítico que permitirá identificar las fortalezas y debilidades del sistema actual, así como su impacto en la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente. Este enfoque no solo facilitará la detección de áreas de mejora, sino que también contribuirá a la implementación de mejoras estratégicas que potencien la productividad y la calidad del servicio ofrecido. Al incluir la facturación digital en el sistema de agendamiento, se busca no solo acelerar el proceso de cobro, sino también reducir errores y mejorar la gestión financiera del centro. De este modo, el desarrollo de un método neutrosófico es esencial para garantizar que el sistema de agendamiento y facturación digital no solo cumpla con su función básica, sino que también se alinee con los objetivos de crecimiento y satisfacción del cliente del centro estético. Este enfoque beneficiará tanto el funcionamiento interno del centro como la experiencia global del cliente, asegurando una operación más eficiente y efectiva.

Palabras Claves: método neutrosófico, evaluación, gestión de citas, facturación digital, servicios.

Abstract. The objective of this research is to develop a neutrosophic method to evaluate the appointment scheduling and digital billing system of the “Brii” beauty center in Santo Domingo, Ecuador. Appointment systems, along with digital billing, are fundamental tools in the beauty industry, as they allow for efficient management of service requests and improved communication with clients. However, it is crucial to verify that these platforms actually optimize the center's internal processes, ensuring a fluid experience for both staff and clients. The neutrosophic evaluation will provide an analytical framework that will allow identifying the strengths and weaknesses of the current system, as well as its impact on operational efficiency and customer satisfaction. This approach will not only facilitate the detection of areas for improvement, but will also contribute to the implementation of strategic improvements that enhance productivity and the quality of the service offered. By including digital billing in the scheduling system, the aim is not only to speed up the collection process, but also to reduce errors and improve the financial management of the center. Thus, the development of a neutrosophic method is essential to ensure that the scheduling and digital billing system not only fulfills its basic function, but also aligns with the growth and customer satisfaction objectives of the beauty center. This approach will benefit both the internal operation of the center and the overall customer experience, ensuring a more efficient and effective operation.

Keywords: neutrosophic method, evaluation, appointment management, digital billing, services

1 Introducción

La gestión eficiente de citas y la facturación son aspectos críticos en la operación de cualquier emprendimiento, especialmente en aquellos que ofrecen servicios directos al consumidor, como salones de belleza, clínicas y consultorios [1]. Sin embargo, muchos de estos negocios enfrentan desafíos significativos en estas áreas, como el manejo inadecuado de horarios, confusiones en la atención al cliente y la dificultad para mantener registros claros y precisos de las transacciones. Estos problemas no solo afectan la satisfacción del cliente, sino que también pueden dar lugar a pérdidas económicas y complicaciones legales, especialmente en lo relacionado con la presentación y el pago de impuestos.

La digitalización de los procesos de gestión de citas y facturación se presenta como una solución viable para estos problemas. Implementar un sistema digital permite automatizar y centralizar la información, lo que resulta en una mejor organización y un seguimiento más eficiente de las citas programadas [2]. Además, un sistema digitalizado facilita la generación de documentos fiscales de manera más precisa y oportuna, asegurando el cumplimiento de las obligaciones tributarias y contribuyendo así a la salud financiera del emprendimiento [3]. La capacidad de acceder a datos en tiempo real también ayuda a los gerentes a tomar decisiones más informadas y a realizar ajustes estratégicos que beneficien la operativa del negocio [4].

Sin embargo, no basta con implementar un sistema digital; es crucial evaluar su efectividad en la mejora de la gestión de citas, la optimización del tiempo y la precisión en la facturación. Realizar una evaluación del impacto de la digitalización permite identificar si esta ha logrado los objetivos propuestos y si efectivamente ha mejorado la experiencia del cliente [5]. Esta verificación proporciona información valiosa para realizar ajustes y mejoras continuas en el proceso, asegurando así que la digitalización se traduzca en beneficios tangibles tanto para el negocio como para los consumidores [6]. En definitiva, abordar adecuadamente la gestión de citas y la facturación a través de soluciones digitales se convierte en una prioridad para los emprendimientos que buscan crecer y prosperar en un entorno competitivo.

En el centro estético "Brii" de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, se enfrentan a una serie de problemas que afectan tanto la satisfacción del cliente como la eficiencia operativa del negocio. La falta de organización en el control de citas ha generado confusiones en los horarios de atención, provocando inconvenientes para los clientes y pérdidas económicas para el establecimiento. Además, el proceso manual de facturación ha resultado en la pérdida o daño de facturas, lo que dificulta llevar un registro preciso de los servicios prestados, afectando la gestión financiera del negocio. Esta situación conflictiva compromete la reputación del centro estético y limita su capacidad para operar de manera eficiente y competitiva en el mercado. Ante esta problemática evidente, surgió la necesidad de implementar mejoras significativas en la gestión de citas y facturación digital en el centro estético "Brii" de Santo Domingo de los Tsáchilas, a partir de la implementación de un sistema informático para optimizar los procesos internos. Sin embargo, es necesario evaluar la utilidad real del sistema implementado, por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un Método nesutrosófico para la evaluación del sistema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético “Brii”.

2 Método nesutrosófico para la evaluación del sistema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético “Brii”

2.1 Descripción del sistema a evaluar

El sistema informático de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético “Brii” en la ciudad de Santo Domingo, Ecuador, está diseñado para optimizar la gestión de reservas y los procesos de cobro en un entorno estético, proporcionando una solución integral que mejora tanto la experiencia del cliente como la eficiencia operativa del negocio. El estudio sobre el diseño e implementación de este sistema fue publicado en [7]. La arquitectura del sistema se estructura en dos roles fundamentales: el cliente y el servidor. La parte del cliente se encarga de interactuar con los usuarios finales a través de una interfaz amigable, mientras que el servidor gestiona todas las solicitudes, procesa datos y ofrece los servicios requeridos, garantizando así un funcionamiento fluido y seguro del sistema.

El diseño de base de datos es esencial para el funcionamiento del sistema, ya que permite organizar y almacenar de manera eficiente toda la información relacionada con clientes, servicios, citas y transacciones. Esta base de datos se estructura adecuadamente a través de diagramas de clases que representan las relaciones entre los diferentes elementos del centro estético, facilitando un manejo coherente y accesible de la información necesaria para el proceso de agendamiento y facturación.

Dentro de las funcionalidades clave del sistema, se incluye un formulario de inicio que permite a los usuarios acceder a la plataforma mediante un proceso de inicio de sesión seguro. Este acceso autenticado garantiza que solo el personal autorizado pueda gestionar citas y realizar transacciones. El formulario de reservas es otra característica crucial, donde los empleados pueden agendar, modificar o cancelar citas de manera eficiente, lo que contribuye a una mejor organización del tiempo y los recursos del centro estético.

Además, el sistema incorpora una interfaz dedicada a la facturación, que permite a los usuarios procesar pagos

de forma rápida y precisa. Esta funcionalidad no solo permite la emisión de recibos digitales, sino que también asegura que se cumplan las normativas fiscales, facilitando un registro claro de las transacciones. Otras características importantes del sistema incluyen un perfil personal donde los empleados pueden gestionar su información y acceso, así como un módulo de auditoría que proporciona un seguimiento de las acciones realizadas dentro del sistema, asegurando transparencia y facilitando la detección de posibles irregularidades. La figura 1 muestra algunas de las interfaces del sistema:

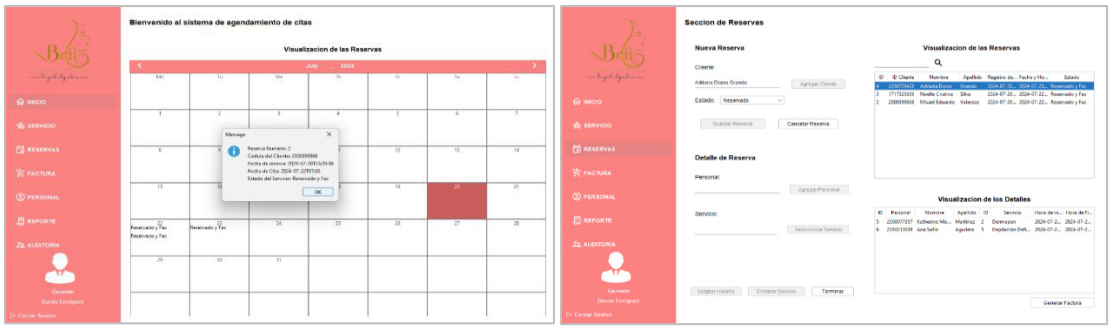


Figura 1. Interfaces del istema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético "Brii". Fuente: [7].

2.2 Diseño del método neutrosófico

Para la evaluación del sistema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético "Brii", se utilizó un método que basa su funcionamiento mediante números neutrosóficos para modelar la incertidumbre. Está soportado a partir de técnicas multicriterio, donde se modelan los indicadores para la evaluación en la gestión de citas y facturación digital de los clientes del centro estético. El método utiliza para la inferencia la Ponderación Lineal Neutrosófica [8]. El método está diseñado mediante una estructura de tres actividades que en su conjunto determinan el análisis de la incidencia.

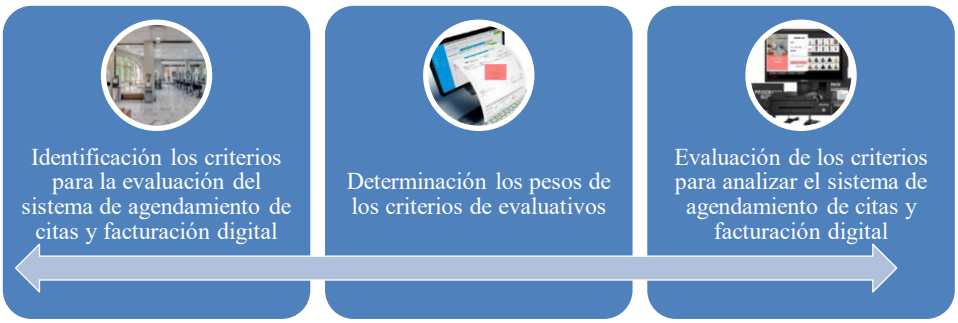


Figura 2. Método nesutrosófico para la evaluación del sistema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético "Brii" en la ciudad de Santo Domingo

Actividad 1: Identificación los criterios para la evaluación del sistema de agendamiento de citas y facturación digital

Representa el conjunto de criterios para la evaluación del sistema implementado para el agendamiento de citas y facturación digital en el centro estético "Brii". El conjunto de criterios representan un parámetro de entrada del método propuesto, se sustenta mediante un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\}$, n ≥ 2, representan los criterios evaluativos.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios de Centro estético "Brii", Santo Domingo, Ecuador **evaluativos**

El proceso de determinación de los pesos, representa la actividad que determinar los vectores de pesos asociados a los criterios [9]. Representa un parámetro para el proceso de inferencia. Se basa en un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\}$, $m \geq 2$, donde E, son los expertos que determinan los vectores de pesos asociados a los criterios de incidencia

Actividad 3: Evaluación de los criterios para analizar el sistema de agendamiento de citas y facturación digital del centro estético "Brii"

La actividad representa el procesamiento del método de inferencia para determinar la evaluación del sistema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético "Brii" en la ciudad de Santo Domingo. El procesamiento de los datos se realiza mediante la ponderación lineal neutrosófica [10],[11], [12] que constituye un método multicriterio [13-15-37-38]. La ponderación lineal neutrosófica representa una alternativa a los métodos multicriterios clásicos [16]. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 1.

$$R_i = \sum_j W_j \, r_{ij} \tag{1}$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto m de alternativas y n criterios[17-19-41]. Para cada criterio j el decisor estima cada alternativa i. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio [20], [21, 39]. Se asigna un peso $W_j(j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j.

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [22], [23], [24]. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [25, 26, 40]. Un número neutrosófico (N) se representa de la siguiente forma [27]:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$, una evaluación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene [28-30-42]:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{2}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 3.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)} \, r_{ij(T,I,F)} \tag{3}$$

Donde:

- $R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- $W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_j$ asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).
- $r_{ij:}$ representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

3 Implementación del método para la evaluación del sistema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético "Brii" en la ciudad de Santo Domingo

A continuación se realiza una descripción de la corrida por etapa del método neutrosófico multicriterio para la evaluación del sistema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético "Brii" en la ciudad de Santo Domingo, Ecuador.

Actividad 1: Identificación los criterios para la evaluación del sistema

En el presente estudio sobre la evaluación del sistema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético "Brii" en la ciudad de Santo Domingo, se consultó un panel compuesto por cinco expertos (E) con amplia experiencia en áreas relevantes como tecnología de la información, gestión de proyectos, atención al cliente y administración de pequeños negocios. Este panel estuvo conformado por especialistas en desarrollo de software, consultores en gestión empresarial y representantes del sector estético, quienes aportaron perspectivas diversas y valiosas sobre la funcionalidad y efectividad del sistema implementado. En la selección de los evaluadores, se han seguido criterios específicos que aseguran la pertinencia y capacidad de los miembros para realizar un análisis integral del sistema. Los criterios de inclusión para el panel de expertos son:

1. Experiencia profesional**:** Los evaluadores deben contar con un mínimo de cinco años de experiencia en sus respectivas áreas, lo que les permitirá brindar análisis fundamentados sobre la efectividad del sistema. Esto asegura que sus opiniones estén respaldadas por un conocimiento sólido del contexto operativo del centro estético.
2. Conocimiento en Tecnología de la Información**:** Es esencial que al menos la mitad de los miembros del panel tengan formación específica en TI, lo que les permitirá comprender la arquitectura del sistema y evaluar su funcionamiento técnico de manera adecuada.
3. Experiencia en el sector estético: Al menos uno de los expertos deberá tener experiencia directa en el manejo de un centro estético, lo que le permitirá evaluar las necesidades específicas del negocio y la aplicabilidad del sistema en un entorno real.
4. Habilidades de evaluación y análisis: Se requiere que los expertos seleccionados cuenten con un historial de participación en evaluaciones y auditorías de sistemas, lo que demuestra su capacidad para realizar análisis críticos y desarrollar recomendaciones efectivas.
5. Capacidad para trabajar en equipo: Es crucial que los miembros del panel tengan habilidades interpersonales que les permitan colaborar eficazmente en la discusión y evaluación colectiva, asegurando un consenso en los hallazgos y recomendaciones.

Una vez seleccionado el panel de expertos, se identificaron los criterios evaluativos. La tabla 1 muestra los criterios resultantes.

Tabla 1: Criterios para la evaluación del sistema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético "Brii".

No	Criterios	Descripción
C_1	Usabilidad	Este criterio se refiere a la facilidad con la que los usuarios pueden interactuar con el sistema. Se evaluará la interfaz de usuario, la claridad de las instrucciones y la capacidad de los empleados y clientes para realizar tareas como agendar citas y procesar pagos sin dificultad. Un sistema que sea intuitivo y fácil de usar contribuirá a una experiencia más satisfactoria para los usuarios.
C_2	Eficiencia operativa	Se analizará cómo el sistema afecta el flujo de trabajo dentro del centro estético. Esto incluye la rapidez con la que se pueden gestionar las citas, el tiempo necesario para completar la facturación y la reducción de errores manuales. Un sistema eficiente debe permitir a los empleados realizar sus tareas de manera más rápida y efectiva, optimizando así el uso de recursos y mejorando el servicio al cliente.
C_3	Precisión en la facturación	Este criterio se centrará en la capacidad del sistema para generar facturas correctas y detalladas de manera consistente. Se evaluará la exactitud de los montos cobrados, la correcta aplicación de descuentos y promociones, así como la generación de informes financieros precisos. Una facturación precisa es esencial para mantener la confianza del cliente y cumplir con las regulaciones fiscales.
C_4	Integración con otros sistemas	Se verificará la capacidad del sistema de agendamiento y facturación para integrarse con otras herramientas y procesos del negocio, como la contabilidad y la gestión de inventario. La habilidad de sincronizar datos entre sistemas puede contribuir a una gestión más coherente y eficiente, permitiendo un flujo de información más fluido y evitando duplicidades.
C_5	Satisfacción del cliente	Este criterio se evaluará a través de encuestas y retroalimentación directa de los clientes que utilizan el sistema. Se considerarán aspectos como la facilidad para programar citas, la rapidez en el proceso de facturación y la calidad del servicio recibido. La satisfacción del cliente es un indicador clave de la efectividad del sistema, ya que un cliente satisfecho es más propenso a regresar y recomendar el centro estético a otros.

Actividad 2: Determinación de los pesos de los criterios

La actividad emplea un enfoque multiexperto para la determinación de los vectores de pesos asociados a los indicadores para la evaluación del sistema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético "Brii" en la ciudad de Santo Domingo. La actividad representa la base para el procesamiento de las inferencias. La tabla 2 muestra el resultado de los vectores de pesos atribuidos a los criterios.

Tabla 2: Pesos asociados a los criterios evaluativos.

Criterios evaluativos	Peso neutrosófico asociado
C_1	(0.9, 0.1, 0.1)
C_2	(0.8,0,15,0.20)
C_3	(1,0,0)
C_4	(1,0,0)
C_5	(0.9, 0.1, 0.1)

Actividad 3: Evaluación de los criterios para analizar el sistema de agendamiento de citas y facturación digital

Para obtener los resultados a partir de los métodos propuestos se hace uso de la Neutrosofía y en particular de la escala lingüística, S, $v_{kj} \in S$, donde; $S=\{s_1,\ldots,s_g\}$, es el conjunto de término lingüísticos definidos para evaluar las características c_k utilizando los números Neutrosóficos de Valor Único (SVN), para el análisis de los términos lingüísticos resultantes. La escala de términos lingüísticos a utilizar se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Escala de términos lingüísticos.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

Basado en los resultados obtenidos, se utiliza la neutrosofía para la evaluación del sistema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético "Brii". El análisis se realiza a partir de la escala de términos lingüísticos y los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Determinación de las preferencias para la evaluación del sistema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético "Brii".

Criterios evaluativos	Etiqueta Lingüística	Valor Neutrosófico
C_1	Medianamente buena (MDB)	(0.8,0,15,0.20)
C_2	Muy buena (MB)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_3	Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
C_4	Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_5	Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)

A partir de la Ponderación Lineal Neutrosófica propuesta para el método, se realiza el cálculo para la evaluación neutrosófica sobre el sistema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético "Brii". La tabla 5 muestra los datos y el resultado del procesamiento a partir del cálculo de la ecuación (3).

Tabla 5: Resultados del procesamiento.

Criterios	Valor neutrosófico de preferencia	Vector de peso neutrosófico	Cálculo
C_1	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_2	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.8,0,15,0.20)	(0.85,0,15,0.20)

Criterios	Valor neutrosófico de preferencia	Vector de peso neutrosófico	Cálculo
C_3	(0.8,0,15,0.20)	(1,0,0)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	(0.8,0,15,0.20)	(1,0,0)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_5	(1,0,0)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.95, 0.1, 0.1)
Inferencia			**(0.85, 0.1, 0.1)**

A partir de la inferencia obtenida se concluye que la evaluación neutrosófica sobre el sistema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético "Brii" en la ciudad de Santo Domingo, se encuentra valorado con un índice de 0.85, lo que significa alto nivel de eficacia.

4. Discusión

La adopción de sistemas de agendamiento de citas y facturación digital ha sido una tendencia creciente en diversas industrias a nivel global. Empresas de reconocimiento internacional han implementado estas tecnologías para mejorar su eficiencia, optimizar la atención al cliente y asegurar un manejo adecuado de sus operaciones financieras. Una de las empresas pioneras en la digitalización de procesos es Zocdoc, una plataforma de salud que permite a los pacientes encontrar médicos y programar citas en línea. Desde su creación, Zocdoc ha incorporado un sistema de agendamiento fácil de usar que permite a los usuarios buscar y reservar citas médicas con solo unos clics. Este enfoque no solo mejora la experiencia del paciente al reducir el tiempo de espera para obtener una cita, sino que también permite a las clínicas gestionar sus horarios de manera más eficiente. La digitalización del proceso de agendamiento ha aumentado la tasa de asistencia a las citas y ha disminuido las cancelaciones, lo que resulta en una mayor satisfacción del cliente y en un impacto positivo en la productividad de los profesionales de la salud [31-43].

Otra empresa que ha destacado en la implementación de tecnologías de agendamiento y facturación es Fresha, una plataforma utilizada por centenares de salones de belleza y centros de bienestar en todo el mundo. Fresha ofrece herramientas de gestión que permiten a los negocios de este sector administrar citas, procesar pagos y emitir facturas digitalmente [32]. El uso de esta plataforma no solo facilita la organización interna, sino que también permite a los clientes autogestionar sus reservas, lo que mejora considerablemente la interacción y satisfacción del usuario. Al implementar un sistema integral, Fresha ayuda a los emprendedores a reducir costos y aumentar la eficiencia operativa, permitiéndoles enfocarse en el servicio al cliente [33].

Asimismo, la marca global Booking.com, aunque principalmente conocida por la reserva de alojamiento, ha extendido su modelo de agendamiento a actividades y experiencias. Este enfoque permite a los usuarios reservar no solo alojamiento, sino también servicios como tratamientos de spa, turismo y comidas en restaurantes [34]. Por medio de la digitalización de estos servicios, Booking.com ha transformado la forma en que los consumidores interactúan con diversas ofertas, brindando una experiencia de usuario completa y eficiente, al tiempo que permite una gestión simplificada para los proveedores de servicios [35].

En el sector de la educación, instituciones como Coursera han implementado plataformas que permiten a los estudiantes inscribirse en cursos y programar sesiones de asesoría o tutoría de manera digital. Estas plataformas no solo facilitan el acceso a la educación, sino que también permiten una administración eficiente de los recursos educativos y una gestión clara de las facturas y pagos de matrícula. La adopción de sistemas de agendamiento y facturación en este contexto ha permitido a Coursera mejorar significativamente su relación con los estudiantes, aumentando la retención y satisfacción general. [36]

La implementación del sistema de agendamiento de citas y facturación digital en el centro estético "Brii", evaluado en la presente investigación, ha traído consigo mejoras significativas en la gestión operativa del negocio. A través de la automatización de procesos, se ha logrado optimizar la programación de citas, lo que ha reducido drásticamente las confusiones y errores que eran comunes en el sistema anterior. La capacidad de los empleados para gestionar sus horarios y atender a los clientes de manera más eficiente ha facilitado una experiencia más agradable para los usuarios, contribuyendo a la satisfacción general del cliente.

Además, el sistema ha permitido una facturación más precisa y ágil. La eliminación de errores manuales en el proceso de emisión de facturas, así como la correcta aplicación de tarifas y descuentos, ha mejorado la transparencia y confianza que los clientes depositan en el centro estético. Es evidente que una facturación precisa no solo es fundamental para cumplir con las obligaciones fiscales, sino que también impacta directamente en la relación con los clientes, fomentando su lealtad y disposición a regresar.

La evaluación neutrosofica realizada ha sido crucial para medir la efectividad del sistema implementado. Este método de evaluación, que incorpora un enfoque más amplio y flexible, ha permitido obtener una visión integral sobre el rendimiento del sistema en la práctica. A través de distintos criterios, se han analizado aspectos como la usabilidad, la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente, permitiendo a los gestores del centro estético identificar áreas de mejora y celebrar los éxitos alcanzados.

La usabilidad ha sido uno de los criterios mejor valorados durante la evaluación. Los empleados del centro han

encontrado el sistema fácil de utilizar, lo que ha facilitado una rápida adaptación al nuevo modelo de trabajo. Esta aceptación por parte del personal es un indicador positivo, ya que un sistema que no es entendido fácilmente puede generar resistencias y frustraciones, afectando su potencial de éxito.

La eficiencia operativa también ha mostrado resultados alentadores. La capacidad de programar citas con mayor rapidez y de gestionar la facturación en menos tiempo ha aumentado la productividad general del centro estético. Los propietarios del negocio han notado una reducción en las quejas relacionadas con la disponibilidad de horarios, lo que sugiere que el sistema ha respondido adecuadamente a las necesidades del cliente.

El criterio de precisión en la facturación también se ha visto contundentemente respaldado por los resultados de la evaluación. La generación automatizada de informes y la consistencia en la aplicación de cargos han demostrado ser aspectos fundamentales para mantener un control financiero adecuado. Esto no solo asegura la viabilidad económica del negocio, sino que también permite que los gerentes tomen decisiones informadas basadas en datos precisos y actualizados.

Además, al considerar la integración con otros sistemas, se ha observado que la capacidad del nuevo sistema para sincronizarse con herramientas de contabilidad y gestión de inventario ha sido muy bien recibida. Esto indica que el diseño del sistema no solo responde a las necesidades inmediatas del centro estético, sino que también está configurado para adaptarse a su crecimiento futuro y a la evolución del mercado.

Los resultados obtenidos en cuanto a la satisfacción del cliente han subrayado la efectividad de la transformación digital realizada. La retroalimentación de los clientes ha sido positiva, evidenciando que la experiencia mejorada en el proceso de agendamiento y facturación ha provocado un incremento en la fidelización y recomendación del centro estético. Esta respuesta favorable no solo justifica la inversión realizada en el sistema, sino que también resalta la necesidad de continuar evaluando y adaptando la tecnología para mantener altos estándares de servicio en el futuro.

El sistema de agendamiento de citas y facturación digital ha demostrado ser una herramienta esencial para el centro estético “Brii”, mejorando la operativa del negocio y facilitando una experiencia más positiva para los clientes. La evaluación neutrosófica ha proporcionado valiosos insights que guiarán futuras mejoras, asegurando así que el centro continúe en el camino del éxito y la satisfacción del cliente.

5 Conclusión

La evaluación nesutrosófica del sistema de agendamiento de citas y facturación digital en el centro estético “Brii” en Santo Domingo, destacan la efectividad y utilidad de este enfoque en la gestión de la operación del negocio. El análisis realizado ha puesto de manifiesto que el sistema no solo ha mejorado la eficiencia en la programación de citas y la precisión en el proceso de facturación, sino que también ha elevado la satisfacción del cliente, un factor crítico para la sostenibilidad y el crecimiento del centro estético. La metodología neutrosófica ha permitido obtener una visión holística del rendimiento del sistema, facilitando la identificación de fortalezas y debilidades, lo que es esencial para la mejora continua. Además, la capacidad del sistema para integrarse con otras herramientas de gestión ha sido fundamental para optimizar los recursos y ofrecer un servicio fluido y profesional.

Los resultados del estudio sugieren que la implementación de sistemas de agendamiento de citas y facturación digital puede tener un impacto significativo en la eficiencia operativa y satisfacción del cliente. Empresas de renombre internacional, a través de estos sistemas, han logrado optimizar sus procedimientos internos, adaptar sus ofertas a las necesidades del consumidor moderno y, en última instancia, posicionarse de manera favorable en un entorno competitivo. Este marco de referencia demuestra que la digitalización no solo es una tendencia en la actualidad, sino un aspecto fundamental para el crecimiento y éxito empresarial a largo plazo.

Referencias

[1] G.-C. F. Christian, E. M. Rojas, M. d. C. S. Soto, and H. B. R. Moreno, “Desarrollo de un Sistema de Información para la Gestión de Procesos Administrativos en el Área Clínica Dental,” *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, no. E67, pp. 117-128, 2024.

[2] L. M. V. Bustos, and L. V. S. Parrales, “Plataforma digital para ventas de productos de belleza,” *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 2, pp. 33-47, 2024.

[3] B. B. Fonseca, and P. M. P. Díaz, “Sistema para la reservación y seguimiento de áreas compartidas para el intercambio científico cultural en las instituciones cubanas,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 4, pp. 20-30, 2019.

[4] W. Zequiri, “Let online bookings power your business,” *Professional Beauty*, no. Jan/Feb 2020, pp. 166-167, 2020.

[5] M. A. T. Delgado, and J. L. Z. Montesdeoca, “Estrategias de marketing en el sector de la cosmética sostenible en la ciudad de Esmeraldas,” *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 1, pp. 159-174, 2024.

[6] L. M. Limo Chávez, and M. A. Oliden Valderas, “Plan de negocio para la creación de un centro de belleza con spa urbano en Chiclayo, 2017,” 2020.

[7] J. L. Moreira-García, R. A. Duran-Enríquez, and D. P. Palma-Rivera, “Sistema de agendamiento de citas y facturación digital para el centro estético “Brii”, Santo Domingo, Ecuador,” *CIENCIAMATRIA,* vol. 10, no. 2, pp. 1660-1671, 2024.

[8] F. Smarandache, “Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[9] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, “Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software,” *Revista Cubana de Informática Médica,* vol. 13, no. 2, 2021.

[10] O. M. Cornelio, J. G. González, and I. S. Ching, “Método multicriterio para la evaluación de habilidades en un Sistema de Laboratorios a Distancia,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 1, pp. 237-251, 2021.

[11] L. A. P. Florez, and Y. L. Rodríguez-Rojas, “Procedimiento de Evaluación y Selección de Proveedores Basado en el Proceso de Análisis Jerárquico y en un Modelo de Programación Lineal Entera Mixta,” *Ingeniería,* vol. 23, no. 3, pp. 230-251, 2018.

[12] E. M. García Nové, “Nuevos problemas de agregación de rankings: Modelos y algoritmos,” 2018.

[13] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, “Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador,” *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[14] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, “La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico,” *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[15] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, “Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación,” *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[16] F. Smarandache, “Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[17] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[18] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, “A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data,” *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[19] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[20] R. G. Ortega, M. Rodríguez, M. L. Vázquez, and J. E. Ricardo, “Pestel analysis based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers for the sinos river basin management,” *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 26, no. 1, pp. 16, 2019.

[21] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, “Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps,” *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[22] F. Smarandache, “A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic,” *Philosophy*, pp. 1-141, 1999.

[23] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, “Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[24] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, “Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts,” *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[25] M. Leyva-Vázquez, and F. Smarandache, *Computación neutrosófica mediante Sympy*: Infinite Study, 2018.

[26] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, “Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference),” *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

[27] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[28] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, “Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador,” *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[29] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, “Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI,” *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[30] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, “La perspectiva ambiental en el desarrollo local,” *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[31] P. Khandelwal, and L. R. Salazar, *Zocdoc: Understanding and Exploring the Market Penetration in Texas*: SAGE Publications: SAGE Business Cases Originals, 2020.
[32] A. Quade, "The software solution," *Professional Beauty*, no. Mar/Apr 2020, pp. 58-70, 2020.
[33] A. Quade, "The hi-tech revolution," *Professional Beauty*, 2021.
[34] J. P. Mellinas, S.-M. M. María-Dolores, and J. J. B. García, "Booking. com: The unexpected scoring system," *Tourism Management,* vol. 49, pp. 72-74, 2015.
[35] E. Martin-Fuentes, and J. P. Mellinas, "Hotels that most rely on Booking. com–online travel agencies (OTAs) and hotel distribution channels," *Tourism Review,* vol. 73, no. 4, pp. 465-479, 2018.
[36] J. R. Young, "Inside the Coursera contract: How an upstart company might profit from free courses," *Chronicle of Higher Education*, 2012.
[37] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.
[38] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.
[39] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.
[40] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024
[41] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.
[42] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024
[43] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 25, 2025. Aceptado: marzo 15, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación de la rentabilidad de empresas hoteleras de la Isla Santa Cruz

Neutrosophic Multicriteria Method for the evaluation of the profitability of hotel companies on Santa Cruz Island

Jorge Hernan Almeida Blacio [1], Mónica Patricia Mayorga Díaz [2], and Franklin Gerardo Naranjo Armijo [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. us.jorgealmeida@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador.ua.monicamayorga@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador.us.franklinnaranjo@uniandes.edu.ec

Resumen. El objetivo de esta investigación es desarrollar un Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación de la rentabilidad de empresas hoteleras de la Isla Santa Cruz, centrando el estudio en el Hotel Crossman. A través de la implementación de este método, se evidenció un crecimiento constante en los ingresos y la rentabilidad del hotel, destacándose un notable aumento en el margen de beneficio y la rentabilidad por habitación ocupada. Las estrategias clave que contribuyeron a este éxito incluyen la diversificación del marketing, la adaptación a diferentes segmentos de mercado y la implementación de mejoras tecnológicas y ambientales. Las encuestas realizadas a los huéspedes y al personal revelaron un alto grado de satisfacción y un clima laboral positivo, lo que indica un fuerte compromiso del personal y una cultura organizacional sólida. El estudio resalta la importancia de la gestión de recursos humanos como pilar del éxito del hotel. La creación de un ambiente de trabajo positivo no solo potencia la productividad, sino que también favorece la retención de talento, aspectos críticos para mantener una ventaja competitiva en la industria hotelera. Combinar la rentabilidad financiera con el bienestar laboral, se identifica como clave para el sostenido éxito del Hotel Crossman en un entorno competitivo como el de la Isla Santa Cruz. La investigación no solo propone un nuevo método para evaluar la rentabilidad, sino que también subraya la interrelación entre la satisfacción del cliente y la cultura organizacional como elementos esenciales para el crecimiento y la sostenibilidad del negocio hotelero.

Palabras Claves: método multicriterio neutrosófico, rentabilidad, desempeño económico, estrategias de gestión, competitividad, empresas hoteleras.

Abstract. The objective of this research is to develop a Neutrosophic Multicriteria Method for the evaluation of the profitability of hotel companies on Santa Cruz Island, focusing the study on the Crossman Hotel. Through the implementation of this method, a constant growth in the hotel's income and profitability was evidenced, highlighting a notable increase in the profit margin and profitability per occupied room. The key strategies that contributed to this success include marketing diversification, adaptation to different market segments and the implementation of technological and environmental improvements. The surveys carried out on guests and staff revealed a high degree of satisfaction and a positive work environment, indicating a strong commitment of the staff and a solid organizational culture. The study highlights the importance of human resource management as a pillar of the hotel's success. Creating a positive work environment not only boosts productivity, but also favors talent retention, critical aspects to maintain a competitive advantage in the hotel industry. Combining financial profitability with employee well-being is identified as key to the sustained success of the Crossman Hotel in a competitive environment such as that of Santa Cruz Island. The research not only proposes a new method to evaluate profitability, but also highlights the interrelation between customer satisfaction and organizational culture as essential elements for the growth and sustainability of the hotel business.

Keywords: neutrosophic multicriteria method, profitability, economic performance, management strategies, competitiveness, hotel companies.

1 Introducción

Las Islas Galápagos, un archipiélago de ensueño ubicado en el océano Pacífico, han sido reconocidas durante mucho tiempo como un emblemático referente de belleza natural. Sus ecosistemas singulares y la asombrosa diversidad de especies que habitan estas tierras volcánicas han cautivado la atención del mundo [1]. Desde los célebres pinzones de Darwin hasta las iguanas marinas, cada rincón de estas islas cuenta una intrigante historia evolutiva. En particular, la Isla Santa Cruz se destaca como un destino turístico crucial, atrayendo a aquellos que buscan conectarse con la naturaleza en su estado más puro.

Sin embargo, el incremento del turismo también ha traído consigo desafíos significativos. Las empresas hoteleras de la Isla Santa Cruz se enfrentan a la compleja tarea de lograr rentabilidad en un entorno tan frágil y singular [2-28]. Este desafío va más allá de las cuestiones financieras y se entrelaza con la necesidad de conservar la biodiversidad y proteger esta joya natural, que ha permanecido casi intacta durante siglos. En este contexto, la aparente tensión entre el turismo y la conservación se hace evidente. El aumento de la demanda puede poner en riesgo los recursos naturales limitados de la isla, afectando la integridad de sus ecosistemas y amenazando la vida silvestre que atrae a los turistas. Los hoteles, como elementos esenciales de la infraestructura turística, deben ofrecer alojamiento sin contribuir a la degradación de este delicado paraíso [3-29].

Las estrictas regulaciones ambientales dirigidas a preservar la pureza de las Islas Galápagos pueden generar dificultades financieras para las empresas hoteleras. Los costos asociados con la implementación de prácticas sostenibles, la adecuada gestión de residuos y el uso responsable de los recursos naturales pueden presionar sus márgenes de ganancia. Sin embargo, estas regulaciones son fundamentales para evitar que el turismo mismo se convierta en una amenaza para lo que se intenta proteger [4-30].

La competencia entre los hoteles también añade un nivel de complejidad. En un destino tan atractivo, diferenciarse es crucial para atraer visitantes y mantener la rentabilidad, lo que lleva a las empresas a buscar formas creativas de destacar, ya sea a través de experiencias únicas o prácticas de sostenibilidad innovadoras [5]. La estacionalidad del turismo presenta otro reto significativo, ya que la Isla Santa Cruz puede experimentar variaciones importantes en el número de visitantes a lo largo del año. Esto obliga a las empresas hoteleras a diversificar sus fuentes de ingresos y adaptarse a las demandas fluctuantes para asegurar una base financiera sólida durante todo el año.

Los desafíos en torno a la rentabilidad de las empresas hoteleras en la Isla Santa Cruz subrayan que el éxito económico no debe ser visto como opuesto a la conservación de la naturaleza [6-31]. La búsqueda de soluciones innovadoras, la colaboración con organizaciones de conservación y la comprensión de la relevancia de la sostenibilidad a largo plazo son esenciales para equilibrar estos objetivos. Solo a través de un enfoque integral y cuidadoso, las empresas hoteleras podrán coexistir en armonía con la espléndida naturaleza de las Islas Galápagos, asegurando que esta invaluable herencia se conserve para futuras generaciones.

El Hotel Crossman, ubicado en la Isla Santa Cruz de Galápagos, enfrenta un desafío significativo relacionado con su rentabilidad. A pesar de contar con una ubicación privilegiada y ofrecer servicios de calidad, la capacidad del hotel para generar ganancias ha disminuido en los últimos años. Uno de los factores principales que contribuyen a esta situación es la intensa competencia en la industria del turismo en Galápagos. La Isla Santa Cruz alberga una gran variedad de hoteles, hostales y alojamientos alternativos que representan opciones atractivas para los turistas. La llegada de nuevas cadenas hoteleras, tanto nacionales como internacionales, ha incrementado esta competencia, lo que ha llevado a una caída en la demanda para el Hotel Crossman.

Otro aspecto que impacta la rentabilidad del hotel son los altos costos de operación en la isla. La remota ubicación de Galápagos conlleva elevados gastos logísticos, así como precios más altos para el transporte y los suministros [7-32]. Estos costos se reflejan en el precio de las habitaciones y servicios, lo que puede llevar a los turistas a optar por alternativas más económicas.

La fluctuación de la temporada turística también afecta negativamente la rentabilidad del Hotel Crossman. Durante la temporada alta, que coincide con los meses de verano y las vacaciones escolares, el hotel experimenta un aumento significativo en la afluencia de turistas y la ocupación. Sin embargo, esto implica una competencia intensa con otros alojamientos y un aumento en la demanda de suministros y personal. En contraste, la temporada baja, que comprende los meses de invierno y las épocas fuera de vacaciones, se traduce en una reducción en la demanda de visitantes, resultando en baja ocupación y la necesidad de rebajar los precios de las habitaciones para atraer a nuevos clientes [8]. Esto afecta notablemente los ingresos del hotel.

La estacionalidad también impacta la estabilidad laboral en el hotel. Durante los períodos de alta demanda, se requiere contratar personal adicional, mientras que en la temporada baja es necesario reducir la plantilla, lo que puede causar inestabilidad y afectar negativamente la calidad del servicio al cliente. Además, la variabilidad en la demanda exige la implementación de estrategias de marketing y promoción adaptadas a cada temporada (Montes, 2020). En la temporada alta, es vital maximizar el flujo de turistas mediante una promoción efectiva, mientras que en la temporada baja se requieren tácticas diferentes, como ofertas especiales y actividades exclusivas, para impulsar la demanda y atraer visitantes.

La sostenibilidad también se ha convertido en un problema importante para la industria turística en las Galápagos. El Hotel Crossman se enfrenta a la creciente presión de los turistas y los reguladores para mejorar su gestión ambiental y reducir su huella de carbono [9-33]. La rentabilidad del Hotel Crossman en la Isla Santa Cruz de las Galápagos se ve afectada por la alta competencia, los altos costos de operación y los desafíos económicos globales. Sin embargo, implementando estrategias de reducción de costos, diversificación de servicios y aprovechando las herramientas tecnológicas, el hotel puede enfrentar estos desafíos y mejorar su rentabilidad a largo plazo.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo, desarrollar un Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación de la rentabilidad de empresas hoteleras de la Isla Santa Cruz, específicamente en el Hotel Crossman.

2 Materiales y métodos

La presente sección describe el funcionamiento del método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la rentabilidad de empresas hoteleras de la Isla Santa Cruz, de las Galápagos. Se presentan las características generales de la solución propuesta. Se describen las principales etapas y actividades que conforman el método. El método multicriterio neutrosófico, está diseñado bajo las siguientes cualidades:

- Integración: el método garantiza la interconexión de los diferentes componentes en combinación para la evaluación de la rentabilidad de empresas hoteleras de la Isla Santa Cruz.
- Flexibilidad: utiliza 2-tuplas para representar la incertidumbre de modo que aumente la interoperabilidad de los analistas que interactúan con el método.
- Interdependencia: el método utiliza como punto de partida los datos de entrada proporcionados por los expertos del proceso. Los resultados analizados contribuyen a una base de experiencia que conforma el núcleo del procesamiento para la inferencia.

El método se sustenta en los siguientes principios:

- Identificación mediante el equipo de expertos de los indicadores para la evaluación de la rentabilidad de empresas hoteleras de la Isla Santa Cruz.
- El empleo de métodos multicriterios en la evaluación.

El método neutrosófico propuesto está estructurado para gestionar el flujo de trabajo del proceso de evaluación a partir de un método de inferencia multicriterio. Posee tres etapas fundamentales: entrada, procesamiento y salida de información. La Figura 1 muestra un esquema que ilustra el funcionamiento general del método.

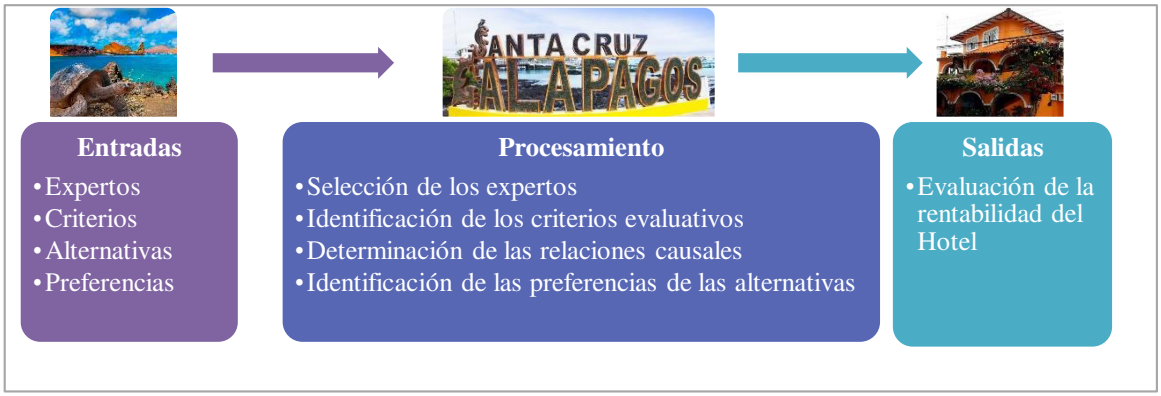


Figura 1. Estructura del Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación de la rentabilidad de empresas hoteleras de la Isla Santa Cruz.

2.1 Descripción de las etapas del método para la evaluación de la rentabilidad de empresas hoteleras de la Isla Santa Cruz

El método propuesto está diseñado para garantizar la gestión del flujo de trabajo en el proceso de evaluación de la rentabilidad de empresas hoteleras de la Isla Santa Cruz. Utiliza un enfoque multicriterio multiexperto donde se identifican indicadores evaluativos para determinar el funcionamiento del procesamiento del método. La etapa de procesamiento (Figura 1) está estructurada por cuatro actividades que rigen el proceso de inferencia del procesamiento. A continuación se detalla su funcionamiento:

Actividad 1: Selección de los expertos.

El proceso consiste en determinar el grupo de expertos que intervienen en el proceso. Para su selección se emplea la metodología propuesta por Fernández [10]. Para comenzar el proceso se envía un modelo a los posibles

expertos con una explicación breve sobre los objetivos del trabajo y el área del conocimiento en el que se enmarca la investigación. Se establece contacto con los expertos conocedores y se les pide que participen en el panel. La actividad obtiene como resultado la captación del grupo de expertos que participará en la aplicación del método.

El proceso debe filtrar los expertos con bajo nivel de experticia participando en el proceso los de mayor conocimiento y prestigio en el área del conocimiento que se enmarca el objeto de estudio de la investigación. Para realizar el proceso de filtraje se realiza un cuestionario de autoevaluación para expertos. El objetivo es determinar el coeficiente de conocimiento o información (K_c), la ecuación 1 expresa el método para determinar el nivel de experticia.

$$K_c = n(0,1) \tag{1}$$

Where:
K_c: coeficiente de conocimiento o información
n: rango seleccionado por el experto

Actividad 2 Identificación de los criterios de evaluación

Una vez identificados los expertos que intervienen en el proceso se procede a la identificación de los criterios evaluativos [11-13]. Los criterios nutren el método, representan parámetros de entrada que se utilizan en la etapa de procesamiento. A partir del trabajo en grupo de los expertos se realizan las siguientes actividades [14]:

1. Se envía un cuestionario a los miembros del panel y se les pide su opinión para la selección de los criterios evaluativos que sustenten la investigación. A partir de un cuestionario previamente elaborado, se obtiene como resultado el conjunto de criterios de los expertos.
2. Se analizan las respuestas y se identifican las áreas en que están de acuerdo y en las que difieren. La actividad permite realizar un análisis del comportamiento de las respuestas emitidas por los expertos y se identifican los elementos comunes.
3. Se envía el análisis resumido de todas las respuestas a los miembros del panel, se les pide que llenen de nuevo el cuestionario y que den sus razones respecto a las opiniones en que difieren. La actividad permite obtener una nueva valoración del grupo de expertos sobre el conocimiento recogido y resumido.
4. Se repite el proceso hasta que se estabilizan las respuestas [15, 16]. La actividad representa la condición de parada del método, a partir de que se estabilicen las respuestas se concluye su aplicación considerándose este el resultado general.

La actividad obtiene como resultado el conjunto de criterios evaluativos del método. Emplea un enfoque multicriterio expresado como muestra la ecuación 2.

$$C = \{c_1, c_2, , , c_m\} \tag{2}$$

Donde:

$$m > 1, \tag{3}$$

Actividad 3 Determinación de los pesos de los criterios.

Para determinar los pesos atribuidos a los criterios evaluativos se utiliza el grupo de expertos que intervienen en el proceso. Se les pide que determinen el nivel de importancia atribuido a los criterios evaluativos identificados en la actividad previa.

Los pesos de los criterios evaluativos son expresados mediante un dominio de valores difusos. Los conjuntos difusos dan un valor cuantitativo a cada elemento, el cual representa el grado de pertenencia al conjunto. Un conjunto difuso A es una aplicación de un conjunto referencial S en el intervalo [0, 1], tal que:
$A: S \rightarrow [0,1]$, y se define por medio de una función de pertenencia:

$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1. \tag{4}$$

Para aumentar la interpretatividad en la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios se utilizan términos lingüísticos basados en 2-tuplas Neutrosófica [17, 18, 34]. El uso de etiquetas lingüísticas en modelos de decisión supone, en la mayoría de los casos, la realización de operaciones con etiquetas lingüísticas. La tabla 1 muestra el conjunto de términos lingüísticos con sus respectivos valores.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena(EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]

Término lingüístico	Números SVN
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Una vez obtenidos los vectores de pesos de los diferentes expertos que intervienen en el proceso se realiza un proceso de agregación de información a partir de una función promedio tal como muestra la ecuación 5.

$$VA = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_{ij}}{E} \tag{5}$$

Donde:
VA: valor agregado,
E: cantidad de expertos que participan en el proceso,
C_{ij}: vector de pesos expresado por los expertos para los criterios C.

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

La actividad para la determinación de las preferencias consiste en identificar el impacto que poseen los criterios evaluativos para la evaluación de la rentabilidad de empresas hoteleras de la Isla Santa Cruz. El proceso de evaluación es realizado mediante una escala numérica de modo que se exprese el nivel de pertenencia de los indicadores [19-21]. La figura 2 muestra una gráfica con los conjuntos de etiquetas lingüísticas utilizados.

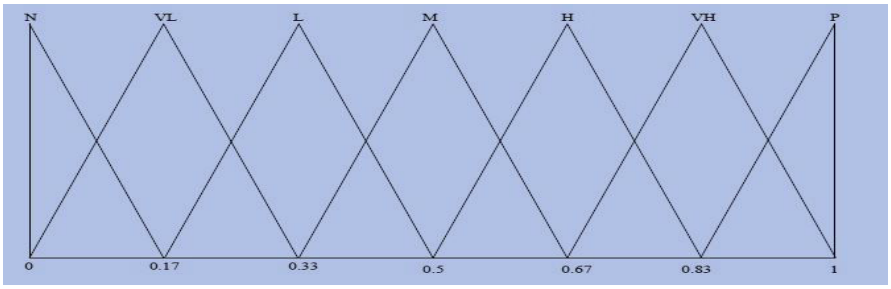


Figura 2. Conjunto de etiquetas lingüísticas.

Donde:
N: Nulo; VL: Muy Bajo; L: Bajo; M: Medio; H: Alto; VH: Muy Alto; P: Preferido

Para la evaluación de la rentabilidad de empresas hoteleras de la Isla Santa Cruz, se describe el problema y la evaluación de cada alternativa a partir del cual se forma la matriz de evaluación [15, 16]. La matriz está compuesta por las alternativas, los criterios y la valoración de cada criterio para cada alternativa.

A partir de obtener las preferencias de cada criterio evaluativo sobre el objeto de estudio, se realiza el proceso de inferencia de información. La inferencia es guiada mediante el uso de operadores de agregación de información. Se parte del conjunto de alternativas A:

$$A = \{A_1, A_2, \ldots, A_m\} \tag{6}$$

A las cuales se les obtienen las preferencias P:

$$P = C_1, , C_n \tag{7}$$

A los criterios evaluativos se les aplica un método multicriterio para procesar las alternativas a partir de los vectores de pesos W definidos por los expertos sobre los criterios evaluativos.

$$W = \{w_1, w_2, , w_n\} \tag{8}$$

El proceso de agregación se realiza con la utilización de operadores de agregación de información [17, 19]. El objetivo fundamental consiste en obtener valoraciones colectivas a partir de valoraciones individuales mediante el uso de operadores de agregación. Para el procesamiento del método propuesto se utiliza el operador de agregación

OWA (*Ordered Weighted Averaging)* [22].

Los operadores OWA funcionan similar a los operadores media ponderada, aunque los valores que toman las variables se ordenan previamente de forma decreciente y, contrariamente a lo que ocurre en las medias ponderadas, los pesos no están asociados a ninguna variable en concreto [23], [24].

Definición 1: Dado un vector de pesos $W = w_1, , w_n \in [0,1]^n$ tal que: $\sum_{i=1}^{n} w_i$, el operador (OWA) asociado a w es el operador de agregación f_n^w: → R definido por:

$$f_n^w(u) = \sum_{i=1}^{n} w_i \, v_i \tag{9}$$

donde v_i es el *i*-ésimo mayor elemento de $\{u_1, , u_n\}$

Para la presente investigación se define el proceso de agregación de la información empleado, tal como expresa la ecuación 10.

$$F(p_1, , p_2, , p_n) = \sum_{j=1}^{n} w_j b_j \tag{10}$$

Donde:

P: conjunto de preferencias obtenidas de evaluación de la rentabilidad de empresas hoteleras de la Isla Santa Cruz.

w_j: son los vectores de pesos atribuidos a los criterios evaluativos.

bj: es el j-ésimo más grande de las preferencias p_n ordenados.

3 Implementación del Método Multicriterio Neutrosófico para la evaluación de la rentabilidad de empresas hoteleras de la Isla Santa Cruz

Para la implementación del método propuesto se ha realizado un estudio de caso sobre el Hotel Crossman en la Isla Santa Cruz de las Galápagos. A continuación se presenta el caso objeto de estudio:

El Hotel Crossman, situado en la Isla Santa Cruz de las Islas Galápagos, se ha consolidado como un destino atractivo para los turistas que buscan disfrutar de la belleza natural y la rica biodiversidad que caracteriza a esta región. Desde su apertura, el hotel ha enfatizado la calidad de sus servicios y la experiencia del cliente, posicionándose estratégicamente en un entorno altamente competitivo.

Durante el período de 2020 a 2022, el Hotel Crossman se enfrentó a diversos desafíos y oportunidades que impactaron su rendimiento económico. A pesar de la competencia creciente, incluyendo la llegada de nuevas cadenas hoteleras y la oferta de alojamientos alternativos, el hotel logró mantener una imagen sólida en el mercado. Su enfoque en la atención al cliente, sumado a campañas de marketing efectivas y la diversificación de servicios, permitió al Hotel Crossman atraer a un número significativo de visitantes.

La ubicación del hotel también jugó un papel crucial en su atractivo. Situado en un punto central de la Isla Santa Cruz, ofrece fácil acceso a diversas actividades turísticas, lo que le permitió capitalizar la demanda de servicios hoteleros en un destino de gran afluencia. Con un compromiso hacia la sostenibilidad y la conservación, el Hotel Crossman ha implementado prácticas que no solo enriquecen la experiencia del cliente, sino que también apoyan la preservación del entorno natural.

A continuación se presentan las valoraciones alcanzadas por cada actividad:

Actividad 1: Selección de los expertos.

Para la aplicación del método, se aplicó un cuestionario con el objetivo de seleccionar el grupo de expertos a intervenir en el proceso. Se logró el compromiso desinteresado de 7 expertos. Se les aplicó el cuestionario de autoevaluación a los 7 expertos donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- 5 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia sobre el tema objeto de estudio de 10 puntos.
- 1 expertos se autoevalúan con un nivel de competencia de 9 puntos.
- 1 expertos se autoevalúa con un nivel de competencia de 8 puntos.

El coeficiente de conocimiento K_c representa un parámetro importante en la aplicación del método propuesto. Para la investigación se obtienen los K_c por experto tal como refiere la tabla 2

Tabla:

Tabla 2. Coeficiente de conocimiento por expertos**.**

1	2	3	4	5	6	7
1	1	0,90	0,80	1	1	1

Se realizaron cuatro preguntas a los expertos con el objetivo de evaluar sus niveles de conocimiento sobre el tema. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Pregunta 1: Análisis teóricos realizados sobre el tema. De los expertos, 5 se autoevaluaron con un nivel Alto y 2 con un nivel Medio.

Pregunta 2: Estudio de trabajos publicados por autores ecuatorianos. Se obtuvieron 4 autoevaluaciones de nivel Alto, 2 de nivel Medio y 1 de nivel Bajo.

Pregunta 3: Contacto directo con análisis de la rentabilidad del Hotel. Los resultados mostraron que 5 expertos se autoevaluaron con un nivel Alto, 1 con un nivel Medio y 1 con un nivel Bajo.

Pregunta 4: Conocimiento del estado actual de la de la rentabilidad de empresas hoteleras de la Isla Santa Cruz a. Cuatro expertos se autoevaluaron con un nivel Alto, 2 con un nivel Medio y 1 con un nivel Bajo.

La figura 3 muestra una gráfica con el comportamiento de los coeficientes de conocimiento de los expertos. A partir del análisis de los resultados se determina utilizar los 7 expertos previstos inicialmente.

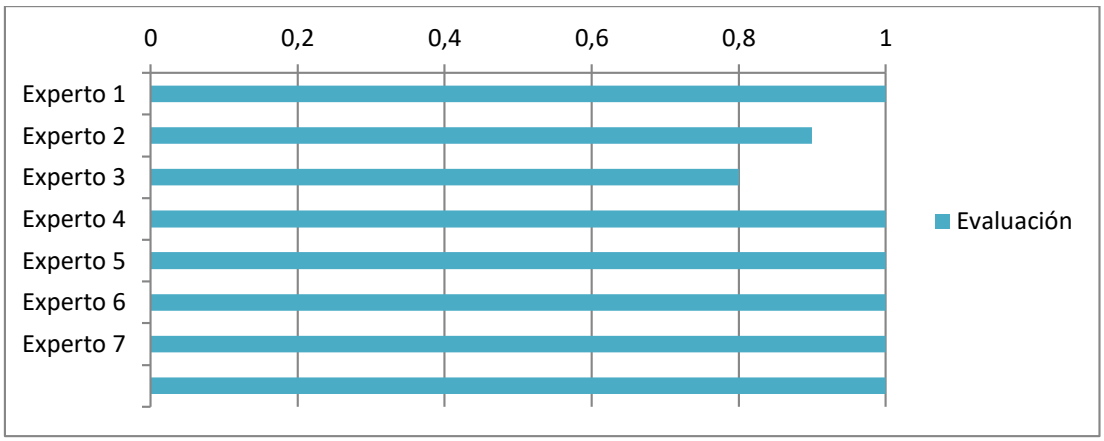


Figura 3. Representación del coeficiente de conocimiento de los expertos.

Actividad 2 Identificación de los criterios de evaluación

Para la actividad se realizó una encuesta a los expertos que intervienen en el proceso. El objetivo consistió en identificar los criterios para la evaluación de la rentabilidad del Hotel Crossman. Los indicadores constituyen el elemento fundamental sobre el cual se realiza el procesamiento en etapas siguientes. La tabla 3 visualiza los criterios evaluativos obtenidos de la actividad.

Tabla 3: Criterios evaluativos obtenidos.

Nodo	Criterios	Descripción
C_1	Ingresos totales	Mide el total de ingresos generados por el hotel en un período específico. Un aumento en los ingresos totales indica una mayor capacidad para atraer clientes y una efectividad en las estrategias comerciales. Es fundamental analizar las tendencias en los ingresos a lo largo de los años para identificar patrones de crecimiento o declive.
C_2	Tasa de ocupación	Es el porcentaje de habitaciones ocupadas en comparación con el total disponible en un período determinado. Una tasa de ocupación alta es un indicador positivo de la demanda del hotel. Este criterio también puede segmentarse por temporadas (alta y baja) para conocer el comportamiento del mercado.
C_3	Margen de ganancia bruta	Diferencia entre los ingresos totales y los costos directos de operación del hotel (como costos de limpieza, mantenimiento y servicios). Un margen de ganancia bruta alto indica que el hotel está controlando bien sus costos y generando un ingreso significativo sobre cada unidad vendida, lo que es crucial para la rentabilidad.
C_4	Costos de operación	Evalúa todos los gastos asociados con la operación del hotel, incluidos los costos de personal, insumos, marketing y mantenimiento. Un análisis detallado de los costos de operación permite identificar áreas donde se pueden reducir gastos y mejorar la eficiencia operativa, aumentando así la rentabilidad.
C_5	Retorno sobre la Inversión (ROI)	Medida que se utiliza para evaluar la eficiencia de una inversión. Se calcula dividiendo el beneficio neto del hotel por la inversión total realizada. Un ROI positivo indica que el hotel está obteniendo ganancias en relación con la inversión inicial, lo que es un indicativo de rentabilidad.

Nodo	Criterios	Descripción
C_6	Satisfacción del cliente	Aunque no es un indicador financiero directo, la satisfacción del cliente tiene un impacto significativo en la rentabilidad a largo plazo. Evaluar la satisfacción del cliente a través de encuestas, comentarios, y valoraciones online puede proporcionar información sobre la calidad del servicio y la experiencia del huésped. Clientes satisfechos tienden a regresar y recomendar el hotel, lo que puede traducirse en mayores ingresos.

Actividad 3 Determinación de los pesos de los criterios

Para determinar los pesos sobre los criterios se utilizó un enfoque multiexperto, en el que participaron los 7 seleccionados en la actividad 1. Con el empleo de 2-tuplas tal como propone la tabla 1 se realizó el trabajo por el grupo de expertos. A partir de la agregación realizada mediante la ecuación 9, se unifican los pesos de los 7 expertos en un valor agregado. La tabla 4 muestra el resultado de los vectores de pesos resultantes de la actividad. Se llegó al consenso en la tercera iteración del proceso. A partir de lo cual se tomó como valor de parada.

Tabla 4: Pesos de los criterios a partir del criterio de experto.

Número	Vectores de pesos W para los criterios C
C_1	[0.8,0,15,0.20]
C_2	[0.9, 0.1, 0.1]
C_3	[0.8,0,15,0.20]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]
C_5	[0.9, 0.1, 0.1]
C_6	[0.8,0,15,0.20]

Actividad 4 determinación de las preferencias de las alternativas.

Para el estudio de caso propuesto, se realizó una evaluación del cumplimiento de los criterios. Se tomó como información de partida los vectores de pesos atribuidos a cada criterio evaluativo. Se evaluó el cumplimiento de los indicadores con el empleo del conjunto de etiquetas lingüísticas. Se obtuvo como resultado un sistema con valores difusos que se agregan como valores de salidas. La tabla 5 muestra el resultado del procesamiento realizado.

Tabla 5: Resultado de las evaluaciones obtenidas por los expertos.

Número	W	Preferencia	$\sum_{j=1}^{n} w_j b_j$
C_1	[0.8,0,15,0.20]	[0.60,0.35,0.40]	[0.70,0.25,0.30]
C_2	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8,0,15,0.20]	[0.85,0,15,0.20]
C_3	[0.8,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.8,0,15,0.20]	[0.85,0,15,0.20]
C_5	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.60,0.35,0.40]	[0.75,0.25,0.30]
C_6	[0.8,0,15,0.20]	[0.70,0.25,0.30]	[0.75,0.25,0.30]
Índice			[0.79, 0.1, 0.1]

La figura 4 muestra el comportamiento de las inferencias sobre los criterios evaluativos para el caso de estudio propuesto.

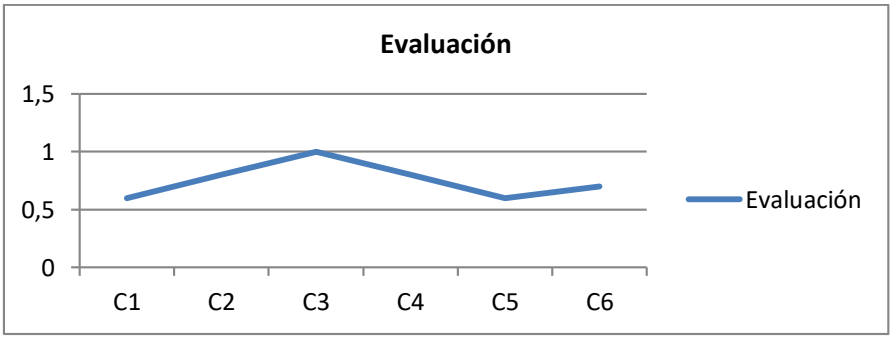


Figura 4. Comportamiento de las inferencias.

Con base en los datos presentados en la tabla 5, se puede observar un índice del método multicriterio neutrosófico para evaluar la rentabilidad del Hotel Crossman, obteniendo un valor de II de 0,79. Este resultado se clasifica como un índice bueno, lo que indica que el caso analizado presenta una evaluación significativa en términos de rentabilidad.

Entre 2020 y 2022, se realizó un exhaustivo análisis de los balances financieros del Hotel Crossman, con el fin de evaluar su rentabilidad y desempeño económico a lo largo de estos tres años. Este estudio reveló una tendencia al alza en los ingresos totales del hotel, indicando un crecimiento constante en su actividad comercial y una notable capacidad para generar flujos de ingresos crecientes con el tiempo.

Los ingresos totales del Hotel Crossman mostraron un incremento significativo durante el período analizado. En 2020, los ingresos iniciales fueron de $2,000,000, marcando el inicio de la evaluación. A lo largo de los años siguientes, se observó un aumento progresivo, alcanzando los $2,600,000 en 2022. Este crecimiento sostenido resalta la efectividad de las estrategias comerciales implementadas para atraer clientes y diversificar las fuentes de ingreso. Estos ingresos son representados en la figura 5.

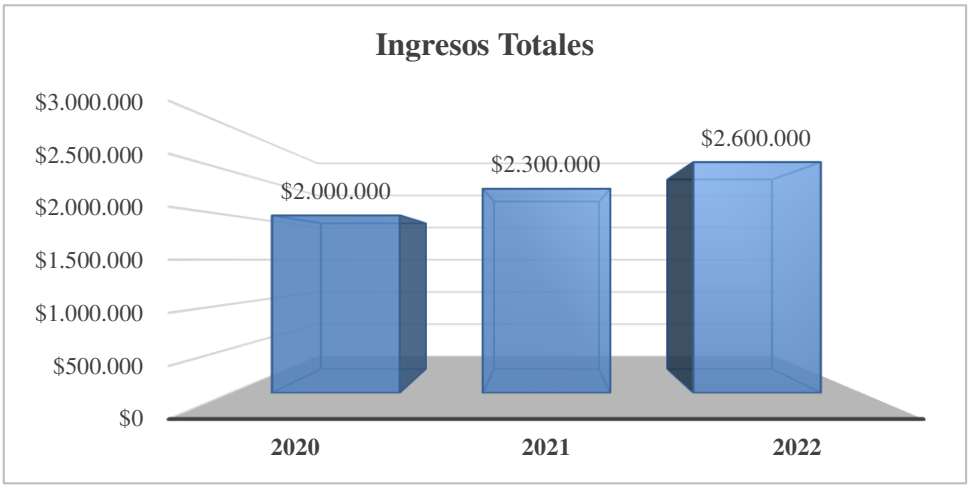


Figura *5*: Ingresos del Hotel Crossman.

Durante el período analizado, se revisaron detenidamente los costos operativos del Hotel Crossman, un factor clave en su gestión financiera y rentabilidad. Aunque estos costos presentaron un ligero aumento anual, el hotel logró mantener un control eficiente sobre ellos, reflejando una gestión sólida. En 2020, los costos operativos representaron el 60% de los ingresos totales. A pesar de ser una proporción alta, el hotel mantuvo un margen de beneficio saludable, lo que indica su capacidad para optimizar recursos en un en-torno complicado, como el que impuso la pandemia. En 2021, la proporción de costos operativos disminu-yó al 57%, evidenciando un esfuerzo del hotel por controlar y reducir gastos mediante medidas de eficien-cia. En 2022, esta tendencia continuó, alcanzando el 55%, lo que sugiere una mejora constante en la efi-ciencia operativa y una gestión cada vez más efectiva de los costos. La representación de los costos opera-tivos se muestra en la figura 6.

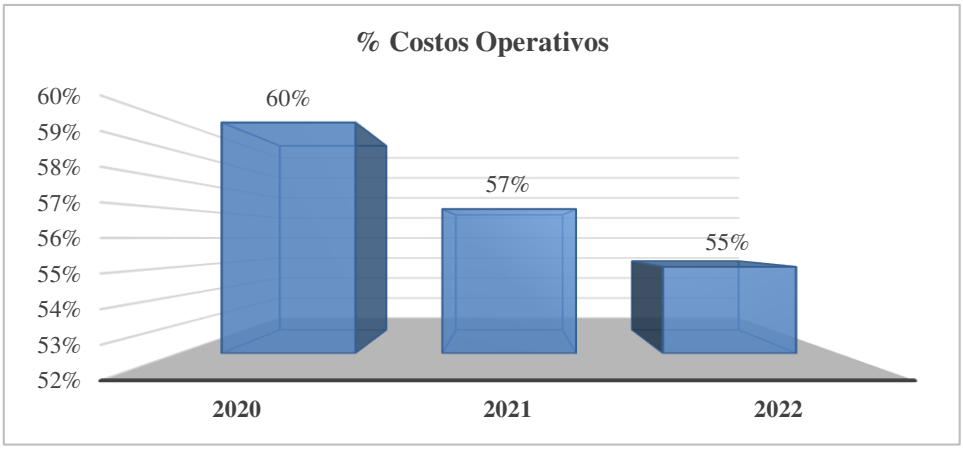


Figura 6: Porcentajes de los costos operativos del Hotel Crossman.

El margen de beneficio del Hotel Crossman fue evaluado detalladamente entre 2020 y 2022, ya que es un indicador clave para medir la efectividad y rentabilidad de sus operaciones. A pesar de las fluctuaciones en ingresos y costos durante estos años, el hotel mantuvo un margen de beneficio saludable y en constante crecimiento. En 2020, el Hotel Crossman alcanzó un notable margen de beneficio del 40%, lo que refleja una sólida gestión financiera y operativa, permitiendo generar ganancias significativas en relación con sus ingresos. Este porcentaje indica una eficiente administración de recursos y la capacidad de crear valor. En 2021, el margen de beneficio aumentó al 43%, un incremento del 3% que muestra una mejora adicional en su rentabilidad. Este crecimiento se atribuye a estrategias de optimización de costos y a una gestión eficaz de las operaciones diarias. Ya en 2022, el margen de beneficio llegó al 45%, consolidando la tendencia positiva de los años anteriores. Este resultado evidencia el compromiso del hotel con la eficiencia operativa y la rentabilidad sostenible, destacando su capacidad para administrar recursos de manera efectiva y generar ganancias consistentes en relación con sus ingresos totales.

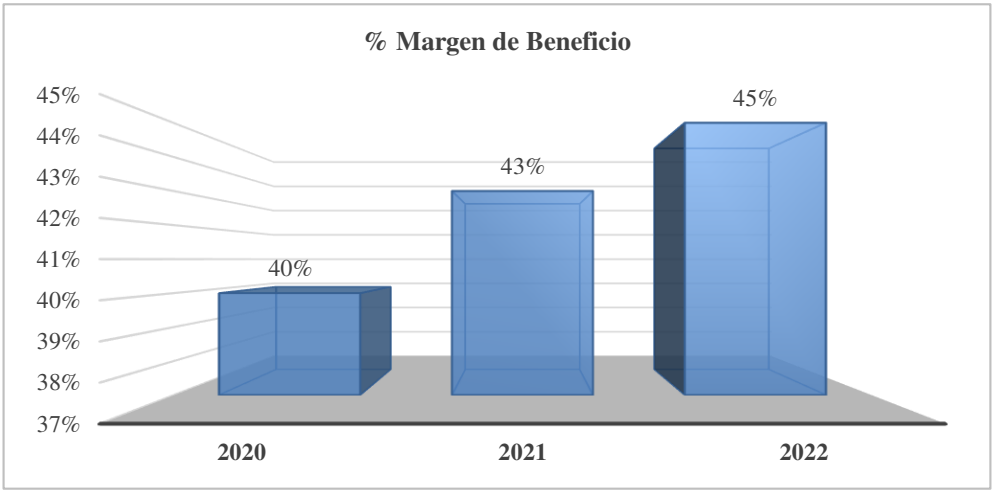


Figura 7: Porcentaje de margen de beneficios del Hotel Crossman.

Adicionalmente, se realizó una encuesta a 15 empleados del hotel para evaluar su percepción y experiencias en relación con la gestión y operación del establecimiento. La encuesta reveló que el 80% de los empleados se sienten satisfechos con su trabajo y el ambiente laboral en general. Los encuestados señalaron que factores como el trabajo en equipo, el apoyo de la gerencia y las oportunidades de desarrollo profesional son los principales elementos que contribuyen a su satisfacción laboral. Esta cifra resalta la importancia de un entorno positivo para fomentar la motivación y el compromiso de los empleados, lo que, a su vez, puede repercutir favorablemente en la calidad del servicio al cliente y en la rentabilidad del hotel.

En términos de gestión, el 75% de los empleados evaluaron positivamente la comunicación y la transparencia en las decisiones de la dirección. Sin embargo, algunos expresaron preocupaciones sobre la falta de claridad en los procesos de toma de decisiones y la necesidad de una mejor comunicación relacionada con los cambios organizacionales. Esto sugiere que, a pesar de un ambiente mayormente positivo, existe una oportunidad para que la gerencia mejore en términos de comunicación, lo que podría fortalecer aún más la confianza y la cohesión dentro del equipo.

El 60% de los empleados siente que recibió la capacitación adecuada para cumplir con sus funciones, aunque el 40% manifestó la necesidad de más oportunidades de desarrollo profesional y capacitación continua. Este hallazgo pone de manifiesto que, si bien se brinda un nivel adecuado de formación inicial, hay un claro deseo entre los empleados de seguir creciendo y mejorando sus habilidades, lo que puede beneficiar al hotel al tener un personal más competente y versátil.

Además, la mayoría de los empleados (85%) percibe un clima laboral positivo, caracterizado por el respeto mutuo, la colaboración y la apertura para expresar sugerencias. Sin embargo, se identificaron áreas de mejora en la gestión de conflictos y la resolución de problemas dentro del equipo. Abordar estas áreas podría fortalecer aún más las relaciones interpersonales y crear un ambiente de trabajo más armónico, lo que tendría un impacto directo en el rendimiento general del hotel.

Por último, el 70% de los empleados considera justa su remuneración y está satisfecho con los beneficios ofrecidos, como el seguro de salud y las oportunidades de ascenso. Sin embargo, la necesidad de revisar regularmente las políticas de compensación fue mencionada para mantener la competitividad en el mercado laboral. Esto enfatiza la importancia de ajustar las políticas de remuneración en respuesta a las expectativas cambiantes de los

empleados y las condiciones del mercado.

4 Discusión

El análisis financiero del Hotel Crossman durante el período de 2020 a 2022 revela aspectos clave sobre su rentabilidad y desempeño económico. Los ingresos totales del hotel comenzaron en $2,000,000 en 2020 y, a medida que avanzaron los años, mostraron un aumento considerable, alcanzando los $2,600,000 en 2022. Este crecimiento sostenido indica una capacidad efectiva para generar mayores flujos de ingresos. Los factores que contribuyeron a este aumento en los ingresos incluyen:

1. Demanda creciente de servicios hotelero: A medida que el turismo en Galápagos continuaba creciendo, el Hotel Crossman se benefició de un incremento en la cantidad de visitantes, lo que se tradujo en mayores tasas de ocupación.
2. Estrategias de marketing efectivas: El hotel implementó campañas de marketing que resaltaron sus puntos fuertes, como la calidad del servicio y la experiencia única que ofrece a los huéspedes. Esto ayudó a atraer a una clientela diversa.
3. Mejora en la calidad de los servicios: A lo largo de estos años, el hotel se centró en mejorar sus instalaciones y servicios, lo que aumentó la satisfacción del cliente y su disposición a recomendar el hotel a otros.
4. Diversificación de ingresos: El Hotel Crossman pudo diversificar sus fuentes de ingresos mediante la introducción de servicios adicionales, como excursiones guiadas, paquetes especiales y eventos, lo que mejoró su rentabilidad en un entorno competitivo.

La importancia de las estrategias de marketing y promoción, así como la adaptación a distintos segmentos de mercado, resalta la atención del hotel hacia la diversificación de su clientela y la maximización de su visibilidad en el mercado local e internacional [25]. La implementación de estrategias flexibles de fijación de precios y la continua inversión en infraestructura y tecnología reflejan un enfoque proactivo hacia la optimización de ingresos y la mejora de la experiencia del cliente.

Además, el compromiso del Hotel Crossman con la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad social corporativa se alinea con las tendencias actuales del sector, mostrando una preocupación genuina por el entorno y la comunidad local. Sin embargo, los desafíos futuros identificados, como la competencia creciente y las fluctuaciones económicas, destacan la necesidad de una planificación estratégica sólida para mantener la posición del hotel en el mercado y asegurar su rentabilidad a largo plazo [26].

Por otro lado, los resultados de la encuesta a los empleados revelan un alto nivel de satisfacción laboral en el Hotel Crossman, con aspectos como el trabajo en equipo, el apoyo de la gerencia y las oportunidades de desarrollo profesional siendo valorados positivamente. Sin embargo, se identifican áreas de mejora en la comunicación interna y el desarrollo profesional, lo cual sugiere oportunidades para fortalecer la gestión de recursos humanos y fomentar un ambiente laboral aún más positivo y productivo.

Los resultados proporcionan una perspectiva integral sobre la gestión y operación del Hotel Crossman, destacando tanto sus fortalezas como áreas de oportunidad. Este análisis será fundamental para comprender la dinámica organizacional del hotel y su impacto en su rentabilidad dentro del contexto del estudio científico propuesto. Además, proporciona una base sólida para la formulación de recomendaciones estratégicas que puedan mejorar aún más la competitividad y rentabilidad del establecimiento en el futuro [27].

La gestión y estrategias implementadas por el Hotel Crossman para garantizar su rentabilidad y competitividad, como se evidencian en los resultados obtenidos de la entrevista con el Gerente General y la encuesta a los empleados, pueden ser contextualizados y comparados con estudios previos en el campo de la gestión hotelera. El análisis sugiere que el Hotel Crossman ha mantenido una trayectoria ascendente en términos de ingresos a pesar de la presión competitiva y los desafíos estacionales. La capacidad del hotel para adaptarse y evolucionar en función de las condiciones del mercado refuerza su posición competitiva y su potencial para seguir creciendo en el futuro. Este crecimiento sostenido no solo es un indicativo de su salud financiera, sino que también establece un camino sólido para enfrentar los desafíos futuros en la industria hotelera de las Islas Galápagos.

5 Conclusión

La implementación del Método Multicriterio Neutrosófico en el caso de estudio del Hotel Crossman ha proporcionado una herramienta valiosa para evaluar la rentabilidad de empresas hoteleras en la Isla Santa Cruz. A través de esta metodología, se obtuvo un índice de 0.79, clasificado como un nivel bueno, lo que indica que el hotel presenta una situación financiera positiva y sostenible en el competitivo entorno turístico de la región. Este método permite realizar una evaluación integral considerando múltiples factores y dimensiones que impactan el desempeño económico del hotel, ofreciendo una base sólida para la toma de decisiones estratégicas por parte de la gerencia. Además, su adaptabilidad a diferentes contextos y criterios relevantes para la industria hotelera permite que otros establecimientos en la Isla Santa Cruz también puedan aplicar la metodología para mejorar su propia

rentabilidad.

Asimismo, esta implementación promueve la transparencia y la comprensión entre los interesados y empleados sobre los criterios que influyen en la rentabilidad del hotel, contribuyendo a un clima laboral más positivo y a un mayor compromiso del personal. Los resultados logrados sugieren que futuras investigaciones podrían extenderse a otros hoteles de la isla, lo que enriquecería el entendimiento general sobre la rentabilidad en el sector y ayudaría a establecer mejores prácticas. El uso del Método Multicriterio Neutrosófico en la evaluación de la rentabilidad del Hotel Crossman no solo proporciona información valiosa sobre su desempeño financiero, sino que también establece un modelo replicable para otras empresas hoteleras, impulsando la mejora continua y el desarrollo sostenible en el sector turístico de la región.

Referencias

[1] R. R. Lomelí, S. M. A. Burne, and J. A. H. Martínez, "Estrategias y desafíos en el turismo médico: una revisión sistemática de la atención de pacientes internacionales y turistas," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 7, no. 1, pp. 11-24, 2025.

[2] H. R. Correa, and Y. P. López, "Afectación de la pandemia covid-19 y su incidencia en la economía y el turismo de Galápagos," *593 Digital Publisher CEIT,* vol. 6, no. 6, pp. 580-589, 2021.

[3] Á. G. F. Mendoza, N. G. Reinoso, and J. S. Cobos, "Efectos provocados por la pandemia del COVID 19 en las empresas turísticas locales de las Islas Galápagos (Ecuador)," *Realidad, Tendencias y Desafíos en Turismo (CONDET),* vol. 20, no. 1, pp. 85-102, 2022.

[4] J. M. Hernández Mogollón, B. S. Pasaco González, and A. M. Campón Cerro, "Aplicación del enfoque experiencial a la innovación de marketing de destinos turísticos: Recomendaciones para su implementación en Ecuador," *Innovar,* vol. 30, no. 77, pp. 63-76, 2020.

[5] M. A. Garzón, M. G. Romo, D. S. Ajila, and A. L. Gómez, "El Covid 19 y el turismo ecuatoriano, impactos en el sector hotelero," *Boletín de coyuntura*, no. 35, pp. 7-15, 2022.

[6] B. A. Velasco Chancusig, "Desarrollo de un plan de marketing turístico para el rescate gastronómico y cultural de la comunidad San Buenaventura cantón Latacunga provincia de Cotopaxi," 2022.

[7] M. J. M. Mayoral, and F. R. M. Martínez, "Desarrollo local sostenible, responsabilidad social corporativa y emprendimiento social," *Equidad & Desarrollo*, no. 31, pp. 27-46, 2018.

[8] J. E. García Salgado, "Tratamiento de efluentes químicos farmacéuticos mediante reactores biológicos aerobios, empacados con carbón activado granular," 2023.

[9] Ó. I. Pérez, M. C. Romero, and P. Vargas González, "Interacciones y sinergias entre ODS: un análisis desde la responsabilidad social en Colombia," *Desarrollo y Sociedad*, no. 86, pp. 191-244, 2020.

[10] S. H. d. M. Fernández. "Criterio de expertos. Su procesamiento a través del método Delphy," http://www.ub.edu/histodidactica/index.php?option=com_content&view=article&id=21:criterio-de-expertos-su-procesamiento-a-traves-del-metodo-delphy&catid=11:.

[11] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[12] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[13] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[14] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, "Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.

[15] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[16] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[17] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[18] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[19] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[20] J. P. Ramos-Carpio, O. J. A. Machado, J. E. Ricardo, and A. B. M. Vasquez, "Assessing Higher Education's Role in Personality Formation Using NeutroAlgebra," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 71, pp. 50-57, 2024.

[21] J. E. Ricardo, A. J. Fernández, and M. Y. Vázquez, "Compensatory Fuzzy Logic with Single Valued Neutrosophic Numbers in the Analysis of University Strategic Management," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 18, no. 4, 2022.

[22] R. R. Yager, and D. P. Filev, "Induced ordered weighted averaging operators," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics),* vol. 29, no. 2, pp. 141-150, 1999.

[23] L. Jin, R. Mesiar, and R. Yager, "Ordered weighted averaging aggregation on convex poset," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems,* vol. 27, no. 3, pp. 612-617, 2019.

[24] M. Y. L. Vázquez, N. B. Hernández, J. E. Ricardo, and J. F. G. García, "Aplicación de análisis de sentimientos y enfoques neutrosóficos para la comprensión de información textual en la investigación," *Revista Conrado,* vol. 19, no. 94, pp. 294-300, 2023.

[25] A. Santander, E. Rodríguez, C. Toapanta, and J. Proaño, "Evolución de las tendencias mediáticas en la Gastronomía," *Conectividad,* vol. 2, no. 2, pp. 67-87, 2021.

[26] A. L. Saltos Pacheco, "Estrategias de marketing digital para impulsar el turismo gastronómico en el cantón Buena Fe, provincia de Los Ríos, año 2022," 2022.

[27] I. M. M. Parra, G. L. H. Sosa, and M. C. Á. Pérez, "Análisis de la oferta turística-gastronómica de Ecuador y la implementación de estrategias de marketing," *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional,* vol. 6, no. 8, pp. 1118-1137, 2021.

[28] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[29] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[30] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[31] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[32] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[33] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[34] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 25, 2025. Aceptado: marzo 15, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para la evaluación del impacto del incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos sobre el debido proceso y la tutela judicial efectiva

Neutrosophic method for assessing the impact of non-compliance with time limits in summary maintenance proceedings on due process and effective judicial protection

Kimberly Nathaly Guerrero Caiza[1], Joseph Alejandro Proaño Freire[2], Santiago Fernando Fiallos bonilla[3], and Pablo Miguel Vaca Acosta [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. kimberlygc96@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. da.josephapf47@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.santiagofiallos@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.pablovaca@uniandes.edu.ec

Resumen. Analizará el impacto del incumplimiento de los tiempos normativos establecidos por el Código Orgánico General de Procesos (COGEP) en el procedimiento sumario de alimentos en Ecuador y cómo esto afecta al debido proceso y la tutela judicial efectiva representa un elemento importante en el derecho constitucional. El objetivo principal de esta investigación es desarrollar un método neutrosófico para la evaluación del impacto del incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos sobre el debido proceso y la tutela judicial efectiva. A partir del análisis del impacto de los retrasos a través de casos específicos se puedo identificar la necesidad de mejorar la eficiencia procesal para garantizar una justicia más equitativa y eficaz.

Palabras Claves: sistema de recomendación, números neutrosóficos, incumplimiento de los tiempos normativos, procedimiento sumario de alimentos.

Abstract. The main objective of this research is to develop a neutrosophic method for evaluating the impact of noncompliance with the normative times established by the General Organic Code of Processes (COGEP) in the summary procedure of food in Ecuador and how this affects due process and effective judicial protection, which represents an important element in constitutional law. The main objective of this research is to develop a neutrosophic method for evaluating the impact of noncompliance with the normative times in the summary procedure of food on due process and effective judicial protection. From the analysis of the impact of delays through specific cases, the need to improve procedural efficiency to guarantee more equitable and effective justice can be identified.

Keywords: recommendation system, neutrosophic numbers, non-compliance with regulatory times, summary maintenance procedure.

1 Introducción

El debido proceso constituye un pilar insustituible en el entramado legal ecuatoriano, erigiéndose como la piedra angular sobre la que se cimienta la legitimidad de todo proceso judicial. La Constitución de la República del Ecuador, en su artículo 76, consagra garantías explícitas para asegurar el cumplimiento de los tiempos procesales. No obstante, la observancia de estos plazos, si bien esencial, dista de ser una constante en la práctica judicial [1]. Esta inobservancia no es un mero descuido procedimental, sino una vulneración de derechos fundamentales que

socava la confianza en el sistema de justicia.

La responsabilidad de garantizar la celeridad procesal recae tanto en los sujetos procesales demandantes y demandados como, fundamentalmente, en los juzgadores, quienes tienen el deber inexcusable de ceñirse a los plazos establecidos para asegurar una tramitación ágil y eficiente de los casos. El sistema judicial, en su rol de garante de la justicia, se sustenta en principios cardinales como la simplicidad, la uniformidad, la eficacia, la rapidez y la economía procesal. Estos principios, lejos de ser meras directrices, son imperativos que buscan asegurar juicios justos y efectivos, donde la verdad se esclarezca sin dilaciones indebidas [2].

Dentro de este conjunto de principios, el de rapidez adquiere una relevancia particular en el presente estudio. Nos enfocaremos en el procedimiento sumario de alimentos, un ámbito donde la prontitud en la respuesta judicial es, a menudo, una cuestión de supervivencia. La naturaleza misma de este procedimiento, delineada en el Código Orgánico General de Procesos (COGEP) [3], radica en su agilidad. Al desarrollarse en una única audiencia con dos fases, se busca una resolución expedita de las controversias, promoviendo la economía procesal y evitando dilaciones innecesarias. El procedimiento sumario de alimentos cobra aún mayor trascendencia debido a la urgencia inherente a las necesidades de sustento, especialmente cuando se trata de menores de edad. En estos casos, la demora en la administración de justicia puede tener consecuencias devastadoras, comprometiendo el bienestar y el desarrollo de quienes dependen de estos recursos. Una justicia tardía, en este contexto, corre el riesgo de convertirse en una negación de la justicia misma, justificando la existencia de garantías procesales reforzadas.

La íntima conexión entre los tiempos procesales y el debido proceso es innegable. El debido proceso, como garantía constitucional fundamental, no solo exige el cumplimiento formal de los trámites legales, sino que también impone la obligación de administrar justicia de manera oportuna y eficiente. Esta garantía, que limita el poder del Estado, exige que los órganos jurisdiccionales actúen con diligencia y presteza, asegurando la igualdad ante la ley, el derecho a la defensa y la presunción de inocencia. Sin embargo, a pesar de su consagración constitucional y su reiterada invocación en la jurisprudencia, la observancia del debido proceso en la práctica judicial a menudo deja mucho que desear [4]. La realidad nos muestra que las dilaciones indebidas y el incumplimiento de los plazos procesales son problemas persistentes que socavan la confianza en el sistema de justicia y vulneran los derechos de los ciudadanos. Esta situación genera serias dudas sobre el verdadero compromiso de la función judicial con el respeto y la protección del debido proceso, una obligación que, según el Código Orgánico de la Función Judicial, constituye un pilar fundamental de su labor. La presente investigación tiene como objetivo principal de esta investigación es desarrollar un método neutrosófico para la evaluación del impacto del incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos sobre el debido proceso y la tutela judicial efectiva.

2 Materiales y métodos

La recomendación de sistemas para la evaluación del impacto del incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos sobre el debido proceso y la tutela judicial efectiva puede ser conceptualizada como un problema de toma de decisión multicriterio. La toma de decisiones multicriterio, por tanto, no solo se fundamenta en la preferencia por un sistema específico, sino en un análisis integral. Formalmente, el problema de toma de decisiones analizado se puede representar como:

- Un conjunto de alternativas que representan los incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos. $A = \{A_1, \dots A_n\}, n \geq 2$ que se encuentran caracterizadas por:
- Un conjunto de criterios para la evaluación del impacto $C = \{C_1, \dots C_m\}, m \geq 2$;

2.1 Métodos Multicriterio

Podemos clasificar las decisiones según si involucran un solo factor importante (monocriterio) o varios (multicriterio). En un entorno monocriterio, una única variable es la que realmente influye en la evaluación de las opciones, estableciendo una relación directa entre esa variable y el resultado que esperamos. [5]. En este contexto, se cumple la condición $p \rightarrow q$, donde *p* representa el estado de la variable objeto de estudio y *q* es el resultado derivado de dicha variable. Esto implica que cualquier valor que adopte la variable tendrá un impacto positivo o negativo en la consecución del objetivo o la elección de la alternativa. Esta simplicidad en la relación permite a los decisores identificar rápidamente las implicaciones de sus elecciones, facilitando el proceso de decisión. Sin embargo, esta estructura también limita la consideración de otros factores relevantes que podrían influir en el resultado, lo cual es un aspecto que puede ser crucial en situaciones más complejas, donde múltiples variables interactúan de manera significativa [6]. En consecuencia, aunque el enfoque monocriterio puede ser útil en problemas simples, a menudo no refleja la realidad de decisiones más complejas que requieren un análisis más profundo y un enfoque multicriterio.

Los operados de agregación representan un método de inferencia en el que sus funciones matemáticas son utilizadas en los procesos de toma de decisiones [7, 8] y combinan valores (x, y) en un dominio D y devuelven un valor único. Dentro de los principales operadores para la agregación de información se encuentra la media aritmética y media ponderada, tal como se define a continuación:

Definición 1. Un operador WA tiene asociado un vector de pesos V, con $v_i \in [0,1]$ y $\sum_1^n v_i = 1$, expresado de la siguiente forma:

$$WA(a_1, .., a_n) = \sum_{i=1}^{n} v_i a_i \quad (1)$$

Donde v_i representa la importancia de la fuente a_i.

Un operador de agregación de información *Ordered Weighted Averaging,* (OWA por sus siglas en Inglés), Media Ponderada Ordenada [9], permite unificar los criterios clásicos de decisión de incertidumbre en una expresión [10].

2.2 Números Neutrosóficos de Valor Único

La Neutrosofía es una rama de la filosofía introducida por Florentin Smarandache en 1980. Estudia la neutralidad, es decir, la falta de pertenencia o no pertenencia a un conjunto [11-27-28]. Representa las bases para una serie de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [12-29]. La definición original de valor de verdad en la lógica neutrosófica es mostrado a continuación [12]:

Definición 2. Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0,1]\}cn$, una valuación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene:

$$v(p) = (T, I, F) \quad (2)$$

Con el propósito facilitar la aplicación práctica a problema de toma de decisiones y de la ingeniería se realizó la propuesta de los conjuntos Neutrosóficos de Valor Único (SVN) [13] los cuales permiten el empleo de variables lingüísticas [14] lo que aumenta la interpretabilidad en los modelos de recomendación y el empleo de la indeterminación [15, 16].

Definición 3. Sea X un universo de discurso. Un SVN sobre X es un objeto de la forma.

$$A = \{\langle x, u_A(x), r_A(x), v_A(x)\rangle : x \in X\}d \quad (3)$$

Donde $u_A(x): X \to [0,1]$, $r_A(x), : X \to [0,1]$ y $v_A(x): X \to [0,1]$ con $0 \leq u_A(x) + r_A(x) + v_A(x) :\leq 3$ para todo $x \in X$. El intervalo $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$ denotan las membrecías a verdadero, indeterminado y falso de x en A, respectivamente. Por cuestiones de conveniencia un número SVN será expresado como $A = (a, b, c)$, donde a, b, $c \in [0,1]$, y $+ b + c \leq 3$

3 Método para la evaluación del impacto del incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos sobre el debido proceso y la tutela judicial efectiva

El método está diseñado para gestionar el flujo de trabajo del proceso de inferencia en general, realiza tres subprocesos: entrada, procesamiento y salida de información. La Figura 1 muestra un esquema que ilustra el funcionamiento general del método.

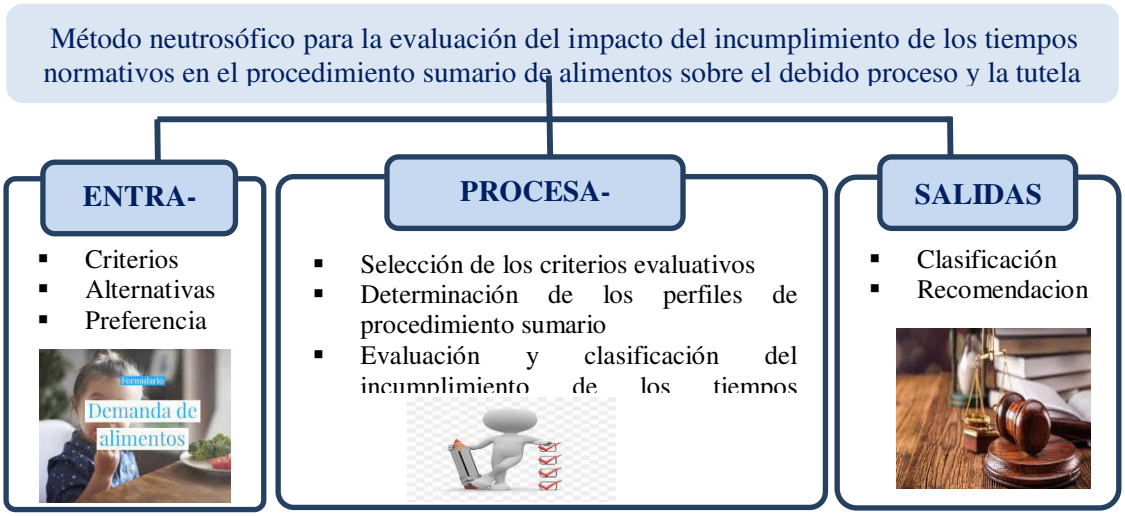


Figura 1: Estructura general del funcionamiento para el método propuesto.

El método neutrosófico para la evaluación del impacto del incumplimiento de los tiempos normativos en el

procedimiento sumario de alimentos sobre el debido proceso y la tutela judicial efectiva en la toma de decisiones. Este enfoque permite evaluar un conjunto de alternativas, $A=\{A_1,\dots A_n\}$, que corresponden a diferentes casos de incumplimiento de los tiempos normativos. Cada alternativa se caracteriza mediante un conjunto de criterios, $C=\{C_1,\dots C_m\}$, que influyen de manera significativa en la elección del sistema a implementar. Al integrar el método neutrosófico, se logra una evaluación más rica y matizada, que toma en cuenta no solo las preferencias explícitas de los profesionales de la salud, sino también la naturaleza difusa y a menudo contradictoria de la información disponible, ofreciendo así recomendaciones que se alinean mejor con las necesidades individuales y las características específicas de cada caso.

3.1 Descripción de las etapas del método

Entradas: La entrada de información permite la introducción de los diferentes datos que son necesarios en el proceso de toma de decisiones. Los datos representan la principal fuente de información a ser utilizada en la etapa de procesamiento.

- Criterios: Los criterios son los factores que caracterizan la evaluación del impacto del incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos
- Alternativas: Las alternativas son el conjunto de casos de análisis.
- Preferencias: Este componente representa el comportamiento en cada caso del impacto del incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos.

Procesamiento de información: Representa la capacidad del método para ejecutar cálculos matemáticos a partir de un método de inferencia utilizado que ejecuta una secuencia de operaciones. El procesamiento es la característica que permite la transformación de datos almacenados en información organizada con un objetivo específico [17-30-31]. En esta fase, se llevan a cabo varios subprocesos para evaluar las entradas:

1. Selección de los criterios evaluativos: Se determina cuáles criterios serán relevantes para el caso de análisis. Esto podría implicar la asignación de pesos a los criterios, dependiendo de su importancia relativa.
2. Determinación de los perfiles de los casos de análisis: Se analizan las características particulares de cada caso de incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos.
3. Evaluación y clasificación del incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos: Se utilizan métodos neutrosóficos para combinar las preferencias, criterios y alternativas, generando una evaluación cuantitativa que clasifica los incumplimientos de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos.

Salidas: garantiza la representación del resultado generado a partir del procesamiento realizado. Permite devolver el comportamiento de las alternativas a partir del proceso de inferencia realizado mediante las variables objeto de estudio.

3.2 Flujo de trabajo del método

El flujo de trabajo describe la interacción de las diferentes entidades que intervienen en el método, garantiza la representación de términos lingüísticos y la indeterminación mediante números SVN. El flujo de trabajo está compuesto por cuatro actividades: (i) identificación de los criterios evaluativos; (ii) determinación de los perfiles de incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos; (iii) evaluación y clasificación del incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos; y (iv) la generación de recomendaciones. Estas actividades soportan el proceso de toma de decisiones del método [18]. A continuación se describen cada una de ellas:

Identificación de los criterios: los criterios son el conjunto de características que describen el caso de restauración. Representan la base de indicadores evaluativos sobre el cual se conforma el perfil C_i.

Determinación del perfil del paciente: el perfil se obtiene de forma directa mediante criterios de expertos.

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \quad (4)$$

Las valoraciones de las características de los casos a_j, serán expresadas utilizando la escala lingüística S, $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de términos lingüísticos definidos para evaluar la característica c_k utilizando los números SVN [19-22]. La descripción de las características está asociada al conjunto de casos restauración que representan las alternativas del proceso[23, 24, 32, 33].

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \quad (5)$$

Evaluación y clasificación: para la evaluación y clasificación de los casos mediante números SVN [25, 26], se tiene:

Sea:

$A^* = (A_1^*, A_2^*, .., A_n^*)$ sea un vector de números SVN,

tal que:

$A_j^* = (a_j^*, b_j^*, c_j^*)$,

j=(1,2, … , n),
$B_i = (B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im})$ (i = 1,2, … , m), sean m vectores de n SVN números.
tal que y $B_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$($i$ = 1,2, … , m), (j = 1,2, … , n) entonces la distancia euclidiana es definida como. Las B_i y A^* resulta [26]:

$$d_i=\left(\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}\left\{\left(\left|a_{ij}-a_j^*\right|\right)^2+\left(\left|b_{ij}-b_j^*\right|\right)^2+\left(\left|c_{ij}-c_j^*\right|\right)^2\right\}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

(i = 1,2, … , m)

A partir de esta distancia euclidiana se puede definir una medida de similitud. En la medida en que la alternativa se A_i se encuentra más semejante perfil del caso (s_i) mejor será esta, permitiendo establecer un orden entre alternativas. La obtención de las preferencias de las alternativas se hace a partir de la evaluación que se obtiene del comportamiento de los indicadores donde:

$$\boldsymbol{A}_i\left[F_{a_j}\right] = \left[Pre_y\right] \quad (10)$$

Para cada alternativa A que posee un perfil F_{a_j} se le hace corresponder un conjunto de preferencias $\mathrm{Pre_y}$ que una sobre el comportamiento del caso de rehabilitación de los tejidos dentarios afectados, donde:

$\left[Pre_y\right]$: es el arreglo resultante como preferencia de las alternativas respecto a un conjunto de indicadores $Pre \in \mathbb{N}, [0,1]$. El valor de $\mathrm{Pre_y}$.

Para el proceso de inferencia sobre la recomendación del sistema adhesivo a implementar, se parte de:

$$\boldsymbol{A}_i = \left[Pre_y, W_z\right] \quad (11)$$

Donde:

Pre_y: representa el conjunto de preferencia sobre $\boldsymbol{A}_i$.

W_z : representa el vector de peso referido por $_z$.

El proceso de evaluación se realiza mediante el método multicriterio WA. El conjunto de recomendaciones están asociadas al resultado obtenido en la evaluación a partir del cual es calculada la similitud entre el perfil de incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos y es ordenada de acuerdo a la similitud obtenida. La mejor evaluación será aquella que mejor satisfaga las necesidades del perfil con mayor similitud.

4 Resultados y discusión

La presente sección describe un ejemplo para demostrar la aplicabilidad del método neutrosófico para la evaluación del impacto del incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos sobre el debido proceso y la tutela judicial efectiva. El ejemplo presenta los elementos fundamentales sintetizados para facilitar la comprensión de los lectores. Para aplicar del método multicriterio WA, se estructuran los criterios evaluativos del problema y las alternativas objeto de estudio. A partir del comportamiento de los indicadores se obtienen las preferencias para evaluar las alternativas y realizar el proceso de clasificación. El objetivo es evaluar las preferencias sobre el incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos sobre el debido proceso y la tutela judicial efectiva. Los criterios evaluativos son representados por los principales indicadores de calidad.

Los expertos expresan la valoración del cumplimiento de los criterios mediante la valoración neutrosófica. Los atributos se formulan en la escala lingüística presentada en la Tabla 1, sustituyendo sus términos lingüísticos equivalentes.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [26].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)

Término lingüístico	Números SVN
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

El problema es modelado mediante el conjunto de casos de incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos sobre el debido proceso y la tutela judicial efectiva, que representan las alternativas tal como se refiere a continuación:$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10}, a_{11}, a_{12}\}$; que son descritos por el conjunto de atributos que representan los criterios evaluativos $C = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5$ que se listan en la tabla 2.

Tabla 2. Criterios evaluativos.

ID	Criterio	Descripción
c_1	Eficiencia Procesal	Analiza si el incumplimiento de los plazos afecta la celeridad y eficiencia de los procedimientos judiciales. Retrasos innecesarios pueden provocar que las partes no obtengan una resolución oportuna, lo que es crucial en casos de alimentos.
c_2	Acceso a la Justicia	Evalúa cómo el incumplimiento de los tiempos afecta el acceso efectivo a la justicia para las partes involucradas, especialmente en casos vulnerables, como aquellos que requieren alimentos para menores o personas dependientes.
c_3	Derecho a la Defensa	Considera si el incumplimiento de los plazos garantiza o vulnera el derecho de las partes a ser debidamente escuchadas y presentar sus argumentos, lo que es fundamental para un proceso justo.
c_4	Consecuencias Económicas y Sociales	Examina el impacto que los retrasos pueden tener en la situación económica y social de las partes, especialmente de los beneficiarios de alimentos, quienes pueden enfrentar dificultades si no se resuelven sus necesidades a tiempo.
c_5	Sanciones y Responsabilidad Judicial	Evalúa si existen mecanismos de sanción o responsabilidad para los operadores jurídicos que incumplen los plazos establecidos, y cómo esto afecta la confianza en la administración de justicia y el respeto al debido proceso.

La tabla 3 presenta una descripción de los 12 casos de análisis utilizado en la presente investigación.

Tabla 3. Descripción de los casos de análisis.

N° proceso	Demanda	Calificación Demanda	Citación (realizada)	Contestación	Calificación Contestación	Cumplimiento SI/NO
18202-2020-01087	08 de octubre del 2013	19 de octubre del 2013	27 de octubre del 2013	04 de noviembre del 2013	12 de noviembre del 2013	NO
18202-2020-01552	22 de junio de 2020	30 de junio del 2020	05 de agosto de 2020	18 de agosto de 2020	27 de agosto del 2020	NO
18202-2020-00452	12 de agosto de 2020	14 de agosto del 2020	27 de Agosto del 2020	16 de septiembre 2020	8 de octubre del 2020	NO
18202-2021-01907	5 de febrero de 2020	7 de febrero del 2020	10 de marzo del 2020	19 de marzo de 2020	31 de marzo de 2020	SÍ
18202-2021-02087	9 de julio de 2021	15 de julio de 2021	17 de noviembre de 2022	25 de noviembre de 2022	5 de diciembre de 2022	NO
18202-2021-02245	12 de agosto de 2021	20 de agosto del 2021	15 de noviembre del 2022 (3era boleta)	NO EXISTIÓ	NO EXISTIÓ	NO
18202-2022-00222	21 de enero de 2022	28 de enero del 2022	09 de Junio de 2022	09 de Junio de 2022	09 de Junio de 2022	NO

N° proceso	Demanda	Calificación Demanda	Citación (realizada)	Contestación	Calificación Contestación	Cumplimiento SI/NO
18202-2022-00480	17 de febrero de 2022	25 de febrero del 2022	14 de marzo del 2022	10 de junio del 2022	14 de junio del 2022	NO
18202-2022-01306	9 de mayo de 2022	25 de mayo del 2022	30 de junio del 2022	NO EXISTE	25 de agosto del 2022	NO
18202-2022-03060	8 de noviembre de 2022	14 de noviembre del 2022	16 de enero del 2024	7 de febrero del 2024	4 de marzo del 2024	NO
18202-2022-03205	24 de noviembre de 2022	28 de noviembre del 2022	24 de enero del 2023	8 de febrero del 2023	21 de marzo del 2023	NO
18202-2022-01532	27 de mayo de 2022	6 de junio del 2022	28 de septiembre de 2022.	26 de septiembre del 2022	28 de septiembre del 2022	NO

La Tabla 4 muestra la vista de datos utilizadas para el presente caso de estudio.

Tabla 4: Vista de datos de los casos de incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos sobre el debido proceso y la tutela judicial efectiva.

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
a_1	MD	MB	MMB	B	MB
a_2	MB	B	MMB	B	B
a_3	B	B	MMB	B	M
a_4	MD	M	MB	M	M
a_5	M	M	MMB	B	M
a_6	B	MB	MB	MMB	MB
a_7	M	M	M	B	M
a_8	B	MB	MMB	B	M
a_9	MMB	B	MB	M	M
a_{10}	MB	MB	MMB	B	M
a_{11}	M	M	MB	MMB	MB
a_{12}	MB	B	M	MMB	M

Si un decisor u_e, desea recibir las recomendaciones del modelo, deberá proveer información al mismo expresando sus preferencias. En este caso:

$$P_e = \{\text{MM}, \text{MB}, \text{MMB}, \text{B}, \text{M}\}$$

El siguiente paso del ejemplo, es el cálculo de la similitud entre el perfil de casos y los almacenados en la base de datos.

Tabla 5: Similitud entre los casos almacenados y las características del caso de análisis de incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos sobre el debido proceso y la tutela judicial efectiva.

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}
0.15	0.20	0.75	0.10	0.20	0.30	0.25	0.80	0.20	0.95	0.45	0.60

Para el proceso de generación de recomendaciones, se recomiendan aquellos que más se acerquen al perfil del caso en proceso, posteriormente se realiza un ordenamiento de los perfiles.

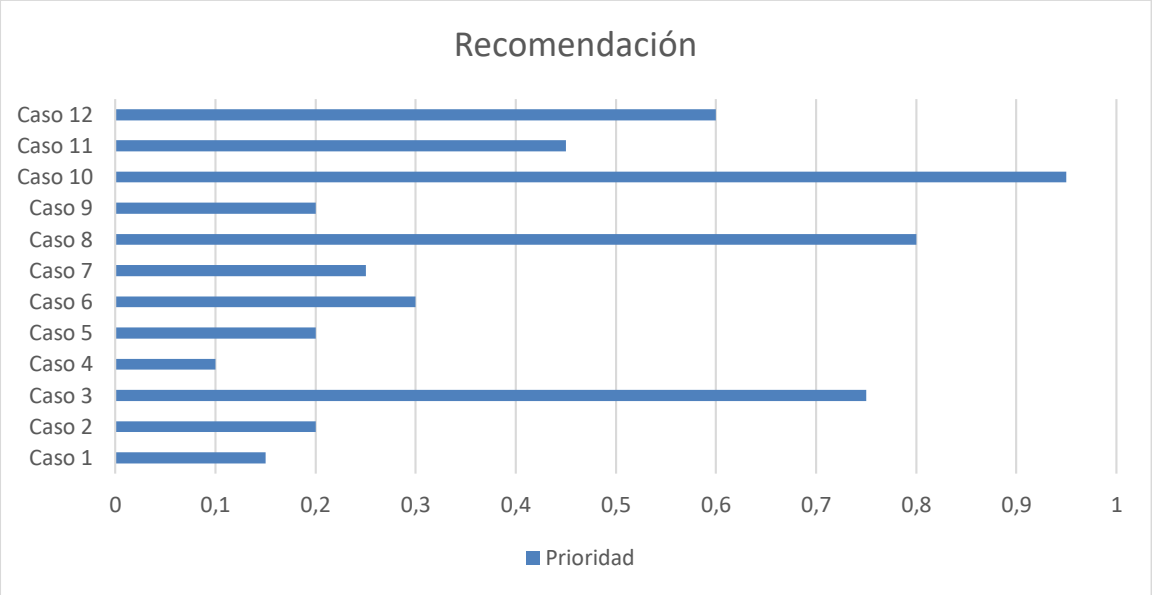


Figura 2: Ordenamiento de los perfiles.

A partir de esta comparación, los perfiles de casos de incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos sobre el debido proceso y la tutela judicial efectiva, son expresados mediante el siguiente orden de prioridad.

$$\{a_{10}, a_8, a_3\}$$

El modelo propuesto recomendará los dos casos más cercanos. Las recomendaciones están formadas por:

$$a_{10}, a_8$$

A partir del resultado, el perfil que mejor evaluación posee para representar la propuesta de evaluación óptima es a_3 que corresponde con un sistema de cuarta generación. Los resultados del sistema de recomendaciones implementado, resultan fundamentales para optimizar la clasificación en el incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos sobre el debido proceso y la tutela judicial efectiva.

El análisis de los casos revela una clara violación del principio de celeridad procesal, afectando directamente el derecho a recibir alimentos. Este principio, esencial para evitar retrasos perjudiciales, se incumple repetidamente. El caso 18202-2022-03060, con una duración de 482 días desde 2022, ejemplifica esta situación: la audiencia inicial se demoró excesivamente, evidenciando negligencia tanto de los juzgadores como de las partes.

Esta demora no es solo un fallo del sistema judicial, sino que impacta negativamente a quienes dependen de la resolución para obtener alimentos, especialmente a menores de edad, cuyo interés superior es la plena satisfacción de sus derechos (Bruñol). Casos como el 18202-2020-01552 y el 18202-2022-00480, donde la demanda se contestó fuera del plazo legal (8 días de retraso), demuestran el incumplimiento de los tiempos procesales, evidenciando una dilación innecesaria en el proceso. Se ha utilizado la fecha de citación para ilustrar el tiempo excesivo empleado, contrario a lo estipulado en el ordenamiento jurídico.

5 Discusión

Para el análisis de los resultados se ha desarrollado un enfoque cuali-cuantitativo. Se utilizaron preguntas de "sí o no" y de frecuencia, dirigidas a profesionales del derecho, como jueces y estudiantes de la carrera de derecho. Además, se empleó el análisis documental para examinar los diferentes elementos teóricos, doctrinales y normativos relacionados con la situación en estudio. Los encuestados proporcionaron un análisis crítico jurídico de la normativa, enfocándose principalmente en el debido proceso y compartiendo su experiencia personal respecto a los tiempos normativos en procesos sumarios en pensiones de alimentos.

Tabla 6: Encuesta a estudiantes de derecho.

No	PREGUNTA	SÍ	NO	SÍ%	NO%
1	¿Cree usted que es crucial cumplir los tiempos normativos establecidos por el COGEP para la tramitación del procedimiento sumario en casos de alimentos?	91	5	94,8%	5,2%
2	¿Cree que los tiempos normativos establecidos por el COGEP son adecuados para garantizar una tramitación expedita en casos de alimentos?	79	17	82,3%	17,7%
3	¿Ha observado diferencias significativas entre los tiempos normativos y los tiempos reales en la tramitación de procedimientos sumarios de alimentos?	85	11	88,5%	11,5%
4	¿Considera que la duración real del procedimiento afecta negativamente a las partes involucradas?	87	9	90,6%	9,4%
5	¿Ha percibido que el incumplimiento de los tiempos normativos afecta el principio de interés superior del menor y el debido proceso en los procedimientos sumarios de alimentos?	81	15	84,4%	15,6%
6	¿Considera que el incumplimiento de los tiempos normativos afecta la tutela judicial efectiva de las partes involucradas en los procedimientos sumarios de alimentos?	87	9	90,6%	9,4%
7	¿Cree que el retraso en la tramitación de estos procedimientos puede llevar a una vulneración de los derechos de los menores involucrados?	84	12	87,5%	12,5%
8	¿Ha conocido de casos específicos donde el retraso en la tramitación del procedimiento sumario de alimentos haya tenido consecuencias graves para las partes?	72	24	75%	25%
9	¿Estaría de acuerdo en implementar medidas adicionales para asegurar el cumplimiento de los tiempos normativos establecidos por el COGEP?	89	7	92,7%	7,3%

Los resultados de las entrevistas y encuestas a estudiantes de derecho revelan una marcada preocupación por el cumplimiento de los tiempos normativos en los procedimientos sumarios de alimentos. Un abrumador 94.8% considera crucial respetar los plazos establecidos por el COGEP, mientras que un 82.3% cree que dichos plazos son adecuados para una tramitación expedita. Sin embargo, la percepción generalizada es que existe una brecha significativa entre los tiempos normativos y la realidad: un 88.5% ha observado diferencias notables entre ambos.

Esta discrepancia se traduce en consecuencias negativas para las partes involucradas, según el 90.6% de los encuestados. Específicamente, el 84.4% percibe que el incumplimiento de los tiempos afecta el principio del interés superior del menor y el debido proceso, mientras que el 90.6% considera que vulnera la tutela judicial efectiva. La posibilidad de que los retrasos conduzcan a una vulneración de los derechos de los menores es una preocupación para el 87.5%. De hecho, el 75% ha presenciado casos donde la dilación en la tramitación ha tenido consecuencias graves. Ante esta situación, un contundente 92.7% se muestra a favor de implementar medidas adicionales para asegurar el cumplimiento de los tiempos normativos.

La alta frecuencia con la que se considera importante el cumplimiento de los tiempos normativos, unida a la percepción de que estas raras veces se cumplen, revela una problemática preocupante. El incumplimiento de los plazos procesales establecidos por el COGEP es una realidad palpable para los futuros abogados, lo que sugiere que esta práctica es más común de lo que se podría suponer. Esta situación tiene implicaciones serias para el debido proceso y el interés superior de los niños, ya que los retrasos pueden comprometer la capacidad de las partes para obtener una resolución justa y oportuna. Además, este nivel de incumplimiento puede erosionar la confianza pública en el sistema judicial, generando la percepción de ineficiencia e injusticia. Estos hallazgos subrayan la necesidad urgente de adoptar medidas concretas para garantizar el cumplimiento de los tiempos procesales y mejorar la eficiencia del sistema judicial en la tramitación de los procedimientos sumarios de alimentos.

Tabla 7: Encuesta a Jueces.

No	PREGUNTA	SÍ	NO	SÍ%	NO%
1	¿Está familiarizado con los tiempos normativos establecidos por el COGEP para la tramitación del procedimiento sumario en casos de alimentos?	5	0	100%	0%
2	En su opinión, ¿son adecuados los tiempos normativos establecidos por el COGEP para garantizar una tramitación expedita en casos de alimentos?	3	3	50%	50%

No	PREGUNTA	SÍ	NO	SÍ%	NO%
3	En su experiencia, ¿existen diferencias significativas entre los tiempos normativos y los tiempos reales en la tramitación de procedimientos sumarios de alimentos?	5	1	83,3%	16,7%
5	¿Considera que la duración real del procedimiento afecta negativamente a las partes involucradas?	5	1	83,3%	16,7%
6	En su opinión, ¿afecta el incumplimiento de los tiempos normativos el debido proceso y el Principio de interés superior del niño en los procedimientos sumarios de alimentos?	4	2	66,7%	33.3%
7	¿Considera que el incumplimiento de los tiempos normativos afecta la tutela judicial efectiva de las partes involucradas en los procedimientos sumarios de alimentos?	3	3	50%	50%
8	¿Considera que el incumplimiento de los tiempos normativos afecta la tutela judicial efectiva de las partes involucradas en los procedimientos sumarios de alimentos?	5	1	83,3%	16,7%
9	¿Ha observado casos en los que el retraso en la tramitación de estos procedimientos haya llevado a una vulneración de los derechos de los menores involucrados?	5	1	83,3%	16,7%
10	¿Ha conocido de casos específicos donde el retraso en la tramitación del procedimiento sumario de alimentos haya tenido consecuencias graves para las partes?	4	2	80%	20%
11	¿Estaría de acuerdo en implementar medidas adicionales para asegurar el cumplimiento de los tiempos normativos establecidos por el COGEP?	5	1	83,3%	16,7%

La encuesta realizada a jueces revela un panorama complejo con respecto al cumplimiento de los tiempos normativos en los procedimientos sumarios de alimentos. Si bien el 100% de los jueces encuestados afirma conocer los plazos establecidos en el COGEP, solo el 50% los considera adecuados para garantizar una tramitación expedita. Esta divergencia se ve reforzada por el hecho de que el 83.3% ha observado diferencias significativas entre los tiempos normativos y los tiempos reales en la práctica judicial, y la misma proporción considera que esta duración real del procedimiento tiene un impacto negativo en las partes involucradas.

Las consecuencias de este incumplimiento son motivo de preocupación para los jueces. Si bien un 66.7% cree que afecta tanto el debido proceso como el principio del interés superior del niño, un porcentaje aún mayor (83.3%) considera que vulnera la tutela judicial efectiva. Esta aparente contradicción subraya la complejidad del problema y la dificultad para dimensionar completamente sus efectos. Además, un preocupante 83.3% de los jueces ha presenciado casos en los que el retraso en la tramitación ha derivado en la vulneración de los derechos de los menores involucrados, y el 80% ha conocido casos específicos donde la dilación ha tenido consecuencias graves para las partes. Ante esta realidad, una amplia mayoría (83.3%) se muestra a favor de implementar medidas adicionales para asegurar el cumplimiento de los tiempos normativos establecidos por el COGEP.

Comparando los resultados de las encuestas a estudiantes y jueces, se evidencia una preocupación compartida por el impacto negativo del incumplimiento de los tiempos procesales en el debido proceso. Los retrasos innecesarios, la prolongación de la resolución de los casos y la potencial afectación de los derechos de las partes son consecuencias que preocupan tanto a los futuros abogados como a los administradores de justicia. Los casos estudiados revelan una vulneración tanto del debido proceso como del interés superior del niño, lo que pone en tela de juicio la efectividad del sistema judicial. En particular, el derecho constitucional de los niños a recibir alimentos de sus padres se ve comprometido cuando un progenitor incumple su obligación alimentaria, generando situaciones de desprotección y vulnerabilidad.

6 Conclusión

La implementación del método basado en números neutrosóficos de valor único para la evaluación del impacto del incumplimiento de los tiempos normativos en el procedimiento sumario de alimentos sobre el debido proceso y la tutela judicial efectiva, ha demostrado ser efectivo. Este análisis demostró que el incumplimiento de los tiempos procesales establecidos por el Código Orgánico General de Procesos COGEP, afecta negativamente al debido proceso y al interés superior del niño en los casos de pensiones de alimentos. Las recomendaciones clave para mejorar esta tramitación del procedimiento sumario en casos de alimentos incluyen una vía de resolución por Medios alternativos de conflictos y el aumento de personal en la Unidad Judicial, así estas mejoras son muy esenciales para asegurar que los derechos de los menores sean protegidos de una manera eficiente y equitativa

Referencias

[1] J. E. Y. Córdova, and E. d. R. R. Salcedo, "Acción de Repetición por los Obligados Subsidiarios en el Derecho de Alimentos," *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar,* vol. 7, no. 4, pp. 7627-7642, 2023.

[2] J. S. V. Lara, E. J. O. Campos, and G. B. L. Luna, "La Audiencia Única como Mecanismo de Resolución de Conflictos en el Procedimiento Sumario," *Dominio de las Ciencias,* vol. 10, no. 3, pp. 3-18, 2024.

[3] C. O. G. de Procesos, "Código Orgánico General de Procesos," *Quito: Corpacion de Estudios y Publicaciones*, 2015.

[4] A. M. Flores-Catuto, and H. G. Garcia-Segarra, "Los efectos jurídicos de la Acumulación de Autos en los Juicios de Prestación de Alimentos," *MQRInvestigar,* vol. 8, no. 4, pp. 495-516, 2024.

[5] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[6] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.

[7] I. Grau, and R. Grau, "Aplicación de sistemas neuroborrosos a problemas de resistencia antiviral del VIH," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 6, no. 2, 2012.

[8] K. Pérez, "Modelo de proceso de logro de consenso en mapas cognitivos difusos para la toma de decisiones en grupo," Tesis Doctoral, Facultad 4, Universidad de las Ciencias Informáticas, 2014.

[9] R. Yager, "On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics,* vol. 18, no. 1, pp. 183-190, 1988.

[10] O. M. Cornelio, B. B. Fonseca, and F. R. Marzo, "Metodología para la reutilización de la basura tecnológica en la asignatura de Arquitectura de Computadoras," *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria,* vol. 5, no. 2, pp. 183-198, 2021.

[11] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[12] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[13] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, "Single valued neutrosophic sets," *Review of the Air Force Academy*, no. 1, pp. 10, 2010.

[14] M. Y. L. Vázquez, K. Y. P. Teurel, A. F. Estrada, and J. G. González, "Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingenieria y Universidad: Engineering for Development,* vol. 17, no. 2, pp. 375-390, 2013.

[15] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[16] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[17] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Sistemas de recomendación para la toma de decisiones. Estado del arte," *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria. ISSN 2602-8166,* vol. 6, no. 1, pp. 149-164, 2022.

[18] B. B. Fonseca, and O. Mar, "Implementación de operador OWA en un sistema computacional para la evaluación del desempeño," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2021.

[19] R. G. Ortega, M. D. O. Rodríguez, M. L. Vázquez, J. E. Ricardo, J. A. S. Figueiredo, and F. Smarandache, *Pestel analysis based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers for the sinos river basin management*: Infinite Study, 2019.

[20] F. Smarandache, J. E. Ricardo, E. G. Caballero, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, *Delphi method for evaluating scientific research proposals in a neutrosophic environment*: Infinite Study, 2020.

[21] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeutroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.

[22] O. F. Von Feigenblatt, *Honor, Loyalty, and Merit: The Cultura Contemporary of the Spanish Nobility*: Ediciones Octaedro, 2022.

[23] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[24] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[25] J. Ye, "Single-valued neutrosophic minimum spanning tree and its clustering method," *Journal of intelligent Systems,* vol. 23, no. 3, pp. 311-324, 2014.

[26] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[27] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[28] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[29] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[30] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[31] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[32] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[33] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 26, 2025. Aceptado: marzo 16, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico multicriterio para la evaluación del impacto de la contaminación oceánica por plásticos en los derechos de la naturaleza

Neutrosophic multi-criteria method for assessing the impact of ocean plastic pollution on the rights of nature

Britanny Gabriela Quilligana Velastegui[1], María de Lourdes Manotoa Bimboza[2], Santiago Fernando Fiallos Bonilla[3], and Pablo Miguel Vaca Acosta[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. britannyqv15@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. mariamb37@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.santiagofiallos@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.pablovaca@uniandes.edu.ec

Resumen. La investigación se enfocó en la problemática de la contaminación oceánica por plásticos, destacando su creciente impacto negativo en la biodiversidad marina y la salud humana. Se estima que anualmente se vierten aproximadamente 8 millones de toneladas de residuos plásticos en los océanos, lo que afecta de manera significativa la fauna y flora marinas, alterando los ciclos naturales y generando riesgos para la salud al introducir microplásticos en la cadena alimentaria. Ante esta situación, se planteó como objetivo de la investigación, desarrollar un Método Neutrosófico Multicriterio para evaluar el impacto de la contaminación por plásticos en los derechos de la naturaleza y el derecho a un ambiente sano. La gestión adecuada de los plásticos es, por lo tanto, esencial no solo para la sostenibilidad de los recursos marinos, sino también para garantizar el bienestar de las comunidades que dependen de estos ecosistemas. El estudio resalta la importancia de incorporar criterios que evalúen tanto los efectos ambientales como los derechos humanos en la elaboración de políticas y estrategias de manejo de residuos. Esta aproximación integral busca promover un entorno más saludable y consciente, enfatizando que la protección de la biodiversidad marina y la salud pública son fundamentales para alcanzar un equilibrio sostenible.

Palabras Claves: Método Neutrosófico Multicriterio, contaminación oceánica, plásticos, naturaleza, medio ambiente.

Abstract. The research focused on the problem of ocean plastic pollution, highlighting its growing negative impact on marine biodiversity and human health. It is estimated that approximately 8 million tons of plastic waste are dumped into the oceans annually, which significantly affects marine fauna and flora, altering natural cycles and generating health risks by introducing microplastics into the food chain. Given this situation, the objective of the research was to develop a Multicriteria Neutrosophic Method to assess the impact of plastic pollution on the rights of nature and the right to a healthy environment. Proper management of plastics is therefore essential not only for the sustainability of marine resources, but also to ensure the well-being of communities that depend on these ecosystems. The study highlights the importance of incorporating criteria that assess both environmental effects and human rights in the development of waste management policies and strategies. This comprehensive approach seeks to promote a healthier and more conscious environment, emphasizing that the protection of marine biodiversity and public health are fundamental to achieving a sustainable balance.

Keywords: Multicriteria Neutrosophic Method, ocean pollution, plastics, nature, environment

1 Introducción

En la actualidad, la contaminación oceánica se ha convertido en un grave problema medioambiental que ha ido en aumento en los últimos años, afectando tanto a la fauna y flora marinas como generando impactos socioeconómicos negativos. Aproximadamente 8 millones de toneladas de residuos plásticos son vertidos en los océanos

cada año, lo que transforma esta situación en una problemática de escala global. Según Perdomo (2002), los plásticos son materiales compuestos por polímeros obtenidos del petróleo y gas natural, caracterizándose por su flexibilidad y plasticidad, lo que permite su manipulación en diversas formas durante la fabricación. Sin embargo, el uso indiscriminado de plásticos provoca efectos adversos en el medio ambiente, especialmente en los océanos, donde su lenta degradación puede llevar a que la fauna marina quede atrapada o ingiera estos materiales, causándoles la muerte.

La relevancia del presente trabajo de investigación se centra en fundamentar teóricamente la contaminación oceánica causada por plásticos y su influencia en los derechos de la naturaleza y en el derecho a un ambiente sano. El derecho a la naturaleza contempla un enfoque legal y ético que reconoce a los ecosistemas y entidades naturales derechos inherentes a existir, prosperar y regenerar sus ciclos vitales. Este concepto resalta que la naturaleza no debe considerarse únicamente un recurso para la explotación humana, sino que está compuesta por seres vivos y ecosistemas con valor intrínseco. Por otro lado, el derecho a un ambiente sano es un derecho humano fundamental que garantiza a las personas el acceso a un entorno limpio, seguro y sostenible, esencial para su bienestar y desarrollo, implicando la protección contra contaminantes y la conservación de recursos naturales para asegurar una calidad de vida adecuada. En la Constitución de la República del Ecuador, estos derechos están garantizados en los artículos 14 y 71.

La contaminación oceánica representa un problema global que afecta la biodiversidad marina, alterando los equilibrios ecológicos y poniendo en riesgo el derecho de todos los seres humanos a vivir en un ambiente limpio y saludable. La presencia de plásticos influye en la cadena alimentaria, lo que puede tener graves consecuencias para la salud humana, dado que los microplásticos son ingeridos por los animales que luego consumimos. Por lo tanto, tanto el derecho a la naturaleza como el derecho a un ambiente sano están reconocidos en diversas legislaciones y acuerdos internacionales, lo que subraya su importancia para el bienestar humano y la sostenibilidad ambiental. Asimismo, la contaminación por plásticos en los océanos contraviene estos derechos, ya que altera los equilibrios ecológicos, afecta a la fauna y flora, y genera riesgos para la salud de las personas que consumen animales contaminados, evidenciando la urgente necesidad de abordar esta situación.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo, desarrollar un Método neutrosófico multicriterio para la evaluación del impacto de la contaminación oceánica por plásticos en los derechos de la naturaleza y el derecho a un ambiente sano. La lógica neutrosófica es un enfoque teórico y práctico que se extiende más allá de la lógica clásica y difusa, permitiendo manejar la incertidumbre y la imprecisión en la toma de decisiones. Esta lógica se basa en el concepto de neutrosofía, que fue propuesto por el filósofo Florentin Smarandache. Se centra en la consideración de la verdad, la falsedad y la indeterminación, reconociendo que las afirmaciones pueden no ser exclusivamente verdaderas o falsas, sino que pueden cargar un grado de incertidumbre.

En la evaluación del impacto de la contaminación oceánica por plásticos en los derechos de la naturaleza y el derecho a un ambiente sano, la lógica neutrosófica ofrece varias ventajas. En primer lugar, permite integrar múltiples criterios y variables cualitativas y cuantitativas que pueden influir en la evaluación de los impactos ambientales y sociales. Esto es fundamental dado que la contaminación por plásticos es un problema complejo que afecta no solo a la biodiversidad y los ecosistemas, sino también a las comunidades humanas y su bienestar.

Además, la implementación de un Método Neutrosófico Multicriterio facilita el análisis de situaciones donde los datos pueden ser incompletos o inciertos. Por ejemplo, al evaluar el impacto de microplásticos en diferentes especies marinas y en la salud humana, se pueden generar diferentes grados de certeza sobre sus efectos. La lógica neutrosófica permitiría modelar estas incertidumbres de manera adecuada, proporcionando un marco más robusto para la evaluación y la toma de decisiones.

Asimismo, este método puede ser adaptado para incluir diferentes perspectivas y valores de múltiples partes interesadas, lo cual es crucial en el ámbito de los derechos humanos y la protección de la naturaleza. Esta característica promueve un enfoque inclusivo y participativo, asegurando que las decisiones tomadas reflejen las necesidades y preocupaciones de diversas comunidades afectadas por la contaminación oceánica.

2 Método neutrosófico multicriterio para la evaluación del impacto de la contaminación oceánica por plásticos

El sistema propuesto está estructurado para analizar el impacto de la contaminación oceánica por plásticos en los derechos de la naturaleza y el derecho a un ambiente sano. Basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio multiexperto que permite evaluar el impacto de la contaminación oceánica. Utiliza en su inferencia modelos causales como forma de representar el conocimiento a partir de la técnica de inteligencia artificial Mapa Cognitivo Neutrosófico [1, 2, 12, 16]. El método está diseñado mediante una arquitectura en tres capas para modelar el contexto analizado: entradas, procesamiento y salidas.

- Entrada de la información: En esta fase se recopila el conjunto de datos relacionados con la contaminación oceánica por plásticos, que incluye la cantidad y tipo de plásticos presentes en el mar, así como los efectos observados en la fauna y flora marina. Se consideran también los síntomas y manifestaciones del impacto

ambiental, tales como la disminución de especies, cambios en los ecosistemas y la presencia de microplásticos en la cadena alimentaria. Además, se integran las perspectivas de expertos en ecología, derecho ambiental y salud pública que contribuyan a establecer las relaciones causales entre la contaminación y sus efectos en los derechos de la naturaleza y el acceso a un ambiente sano.

- Procesamiento de la información: Esta etapa consiste en el flujo de trabajo que abarca varias actividades del núcleo de inferencia, diseñadas para evaluar el impacto de la contaminación oceánica por plásticos. Estas actividades incluyen la identificación de los factores causales que contribuyen al deterioro ambiental, el análisis de las interacciones entre los elementos del sistema marino, y la evaluación de los efectos de la contaminación en los derechos de la naturaleza y el derecho a un ambiente saludable. El procesamiento se apoya en modelos causales que representan el conocimiento obtenido a partir de la técnica de inteligencia artificial del Mapa Cognitivo Neutrosófico.
- Salida de la información: Esta fase refleja los resultados del procesamiento, donde se obtiene una evaluación integral del impacto de la contaminación oceánica por plásticos sobre los derechos de la naturaleza y el derecho a un ambiente sano. Los resultados se presentan de manera clara y concisa, permitiendo visualizar las relaciones causales, así como las áreas críticas que requieren atención y acción. Esta información será esencial para guiar la elaboración de políticas, estrategias de mitigación y medidas de conservación que promuevan la protección del medio ambiente y el reconocimiento de los derechos inherentes a la naturaleza.

La figura 1 muestra la estructura general del método propuesto:

Figura 1. Estructura general del método neutrosófico multicriterio propuesto.

Las cinco actividades fundamentales del Método neutrosófico multicriterio para la evaluación del impacto de la contaminación oceánica por plásticos en los derechos de la naturaleza y el derecho a un ambiente sano, representado en la figura 1, son descritas a continuación:

Actividad 1 Identificación de las los criterios evaluativos: En esta actividad, el panel de experto identifica el conjunto general de criterios evaluativos, que representan la base de inferencia. Se utiliza un enfoque multicriterio para analizar la base de casos, por lo que se identifican la mayor cantidad de criterios posibles.

Actividad 2 determinación de las relaciones causales: La determinación de las relaciones causales utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Garantiza la representación del conocimiento causal de los criterios evaluativos. La actividad consiste en extraer el conocimiento que poseen los expertos el impacto y las consecuencias de la contaminación oceánica por plásticos en los derechos de la naturaleza y el medio ambiente. Las relaciones causales son expresadas mediante un dominio de valores que expresan relaciones de implicación directas o inversas para lo cual se utiliza la escala tal como muestra la Tabla1. Esta actividad es muy importante ya que el conocimiento que poseen los expertos no está registrado en la base de casos analizada.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Durante la determinación de las relaciones causales se realiza un proceso de agregación donde se obtiene un arreglo denominado matriz de adyacencia que representa los valores asignados a los arcos [3, 4] de modo que:

$$M = \begin{bmatrix} \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & W_{ij} & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \end{bmatrix}$$

La matriz de adyacencia $M = M(C_i C_j)$ representa el valor causal de la función del arco, el nodo C_i que es imparte C_j. C_i incrementa causalmente a C_j si $M_{ij} = -1$, y no imparte caulsalmente sí $M_{ij} = 0$.

Actividad 3 Asignar pesos a los criterios evaluativos: a partir de la obtención de la matriz de adyacencia, los valores agregados emitidos por los expertos son agrupados; se conforman las relaciones con los pesos de los nodos, a través del cual es generado el Mapa Cognitivo Neutrosófico resultante [5-13]. Mediante un análisis estático del resultado de los valores obtenidos en la matriz de adyacencia se puede calcular el grado de salida utilizándose la ecuación (1) donde se obtienen los pesos atribuidos a cada criterio [6-8-14].

$$id_i = \sum_{i=1}^{n} \left\| I_{ji} \right\| \tag{1}$$

Actividad 4 identificación de las incidencias: la identificación de las incidencias es la actividad que consiste en determinar cuáles criterios están presentes en los casos de contaminación analizados. Para ello se entrevista a los especialistas a cargo de la restauración del ecosistema marino objeto de estudio, y se determina la incidencia de los criterios presentados. La Tabla 2 muestra el dominio de valores con sus etiquetas lingüísticas utilizados para expresar las preferencias sobre los criterios.

Tabla 2: Dominio de valores para expresar preferencias.

Valor	Impacto
[0,1,1]	Ausencia del criterio (AC)
[0.20,0.85,0.80]	Ligera presencia del criterio (LP)
[0.50,0.50,0.50]	Baja presencia del criterio (BP)
[0.70,0.25,0.30]	Presencia del criterio (PS)
[1,0,0]	Alta presencia del criterio (AP)

Actividad 5 Evaluación del impacto de la contaminación oceánica: el proceso de evaluación se basa en la simulación del escenario propuesto por Glykas [9-15] los nuevos valores de los conceptos expresan la influencia de los conceptos interconectados al concepto específico y se calculan mediante la ecuación (2):

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1;\, j\neq i}^{n} A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \tag{2}$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji}: es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y f (x) es la función de activación [10].

3. Implementación del método para la evaluación del impacto de la contaminación oceánica por plásticos en los derechos de la naturaleza

La presente sección describe la implementación del método neutrosófico multicriterio para la evaluación del impacto de la contaminación oceánica por plásticos en los derechos de la naturaleza y el derecho a un ambiente sano. La implementación del método se lleva a cabo a través de las cinco actividades descritas anteriormente, tal como se muestra a continuación:

Actividad 1 identificación de los criterios evaluativos:

Se convocó un panel de expertos compuesto por un grupo multidisciplinario de profesionales provenientes de diversas áreas relevantes para el estudio de la contaminación oceánica por plásticos. Este panel incluía ecólogos marinos, especialistas en derecho ambiental, biólogos, sociólogos y expertos en salud pública. Cada miembro del panel fue seleccionado por su experiencia y conocimiento en temas relacionados con la sostenibilidad, la biodiversidad marina, y la intersección entre el bienestar humano y la salud ambiental. El objetivo del panel era identificar criterios evaluativos que pudieran medir de manera precisa el impacto de la contaminación por plásticos en los derechos de la naturaleza y en el derecho a un ambiente sano, llegando a las siguientes conclusiones propuestas en la tabla 3.

Tabla 3: Identificación de los criterios evaluativos.

Nodo	Criterio	Descripción
C_1	Biodiversidad Marina	Evalúa el impacto de la contaminación por plásticos en las diferentes especies de fauna y flora marina. Se analizan las tasas de mortalidad de especies, la disminución de poblaciones y la alteración de hábitats críticos. La pérdida de biodiversidad representa una violación a los derechos de la naturaleza, ya que cada especie tiene un papel crucial en el equilibrio del ecosistema.
C_2	Salud del ecosistema costero	Considera la salud general de los ecosistemas costeros, incluyendo la calidad del agua y la integridad de los hábitats. Este criterio examina cómo los desechos plásticos afectan las cadenas tróficas y los procesos ecológicos, así como su capacidad de regeneración. Un ecosistema saludable es fundamental para garantizar el derecho de las comunidades a vivir en un ambiente equilibrado.
C_3	Impacto en la salud pública	Se centra en los efectos de la contaminación plástica en la salud de las comunidades cercanas a la costa. Se evalúa la exposición a residuos plásticos a través de la cadena alimentaria, así como el riesgo de enfermedades relacionadas con el consumo de productos del mar contaminados. La salud pública está intrínsecamente ligada a la salud del medio ambiente, y cualquier deterioro en este aspecto afecta los derechos humanos.
C_4	Actividades económicas sostenibles	Analiza cómo la contaminación por plásticos afecta las actividades económicas locales, como la pesca y el turismo. Este criterio evalúa la disminución de ingresos por la degradación de recursos marinos. La regulación y protección de estos recursos son esenciales para asegurar el derecho a un ambiente sano y al sustento económico de las comunidades.
C_5	Niveles de plásticos en el ambiente marino	Mide la concentración y el tipo de plásticos presentes en el ecosistema marino. Se llevan a cabo análisis para determinar la cantidad de residuos plásticos, su descomposición y los microplásticos en el agua y en los organismos marinos. Este dato es esencial para entender el alcance de la contaminación plástica y su influencia directa en la salud de los ecosistemas y las comunidades, así como para evaluar las violaciones a los derechos de la naturaleza y del ambiente sano.

Actividad 2 determinación de las relaciones causales:

La determinación de las relaciones causales entre los criterios evaluativos se utiliza en la escala propuesta en la Tabla 1, donde participaron 5 expertos, se obtuvieron los 5 Mapas Cognitivos Neutrosóficos agregando las

respuestas en un único resultado. La Tabla 4 muestra la matriz de adyacencia obtenida como resultado del proceso.

Tabla 4: Matriz de adyacencia resultante

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	[0, 0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
C_2	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_3	[1,0,0]	[1,0,0]	[0, 0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]
C_4	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]	[1,0,0]
C_5	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]

Actividad 3 asignar pesos a los criterios evaluativos:

Para la identificación de los pesos se tiene en cuenta la base de conocimiento almacenada en la matriz de adyacencia de la Tabla 4, aplicando la función (1), se obtiene el comportamiento del peso atribuido a los criterios evaluativos. La Tabla 5 muestra los pesos resultantes.

Tabla 5: Peso atribuido a los criterios evaluativos.

Criterios	Manifestaciones	Peso
C_1	Biodiversidad Marina	[0.97, 0.1, 0.1]
C_2	Salud del ecosistema costero	[0.9, 0.1, 0.1]
C_3	Impacto en la salud pública	[0.97, 0.1, 0.1]
C_4	Actividades económicas sostenibles	[0.97, 0.1, 0.1]
C_5	Niveles de plásticos en el ambiente marino	[0.92, 0.1, 0.1]

Actividad 4 identificación de las incidencias:

A partir de la entrevista a los especialistas en biología marina y cuidado medioambiental se determinó el grado de preferencia que poseen los criterios evaluativos, mediante la autovaloración emitida. El estudio fue realizado en una alternativa que representa el caso objeto de estudio. La Tabla 6 muestra los valores resultantes.

Tabla 6: Preferencia atribuida a los criterios del caso objeto de estudio.

Alternativa	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.75, 0.5,0.25]	[1,0,0]

Actividad 5 evaluación del impacto de la de la contaminación oceánica:

A partir del proceso de simulación de escenario, se obtuvieron las predicciones de los comportamientos en el tiempo, del caso de contaminación oceánica por plásticos, mediante el empleo de la ecuación (2). La predicción modela las relaciones de causalidad de los criterios y prevé la evolución de ellos en el ecosistema marino. La Figura 2 muestra el resultado de la simulación donde se muestran los criterios y su evolución.

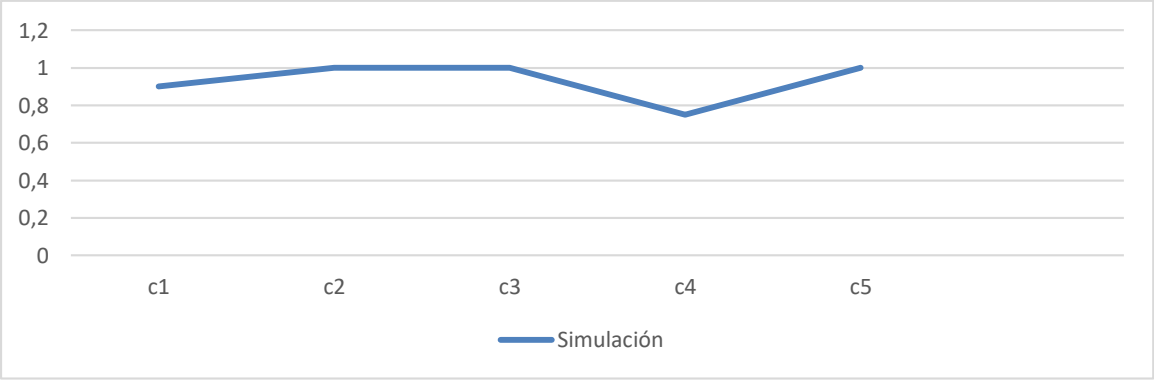


Figura 2: Resultado de la simulación de los criterios evaluativos en el caso de estudio de contaminación oceánica por plásticos.

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas y el desarrollo de los criterios, se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia de la enfermedad. La Tabla 7 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 7: Peso atribuido a los criterios evaluativos.

Alternativa A_1	Pesos	Preferencias	Agregación
C_1	[0.97, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.98, 0.1, 0.1]
C_2	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.95, 0.1, 0.1]
C_3	[0.97, 0.1, 0.1]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.86, 0.1, 0.1]
C_4	[0.97, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.93, 0.1, 0.1]
C_5	[0.92, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.96, 0.1, 0.1]
Índice			[0.94,0,15,0.20]

A partir del índice determinado se realiza una comparación del valor donde el I= 0.94, para el caso analizado representa un alto impacto de la contaminación oceánica por plásticos en los derechos de la naturaleza y los derechos a un ambiente sano.

El análisis realizado mediante el método neutrosófico multicriterio revela un impacto significativo de la contaminación oceánica por plásticos en los derechos de la naturaleza y el derecho a un ambiente sano, evidenciado por un índice de 0.94. Este resultado sugiere que los efectos nocivos sobre la biodiversidad marina son alarmantes, dado que las tasas de mortalidad y la disminución de poblaciones de fauna y flora indican un desequilibrio en los ecosistemas marinos. La fauna y flora que se encuentran en peligro no solo están perdiendo sus hábitats, sino que también se está afectando la integridad del ecosistema costero, comprometiendo su capacidad de regeneración y la calidad del agua.

Además, el impacto en la salud pública es preocupante; la exposición a plásticos a lo largo de la cadena alimentaria, combinada con el riesgo de enfermedades derivadas del consumo de productos del mar contaminados, subraya la interconexión entre la salud ambiental y la salud humana. Las actividades económicas sostenibles, vitales para el sustento de comunidades costeras, también se ven amenazadas por esta crisis de contaminación, afectando la pesca y el turismo, y acentuando la vulnerabilidad económica de estas poblaciones.

El monitoreo de los niveles de plástico en el ambiente marino destaca la urgencia de actuar ante la alta concentración de residuos y microplásticos, lo que pone de manifiesto las violaciones a los derechos de la naturaleza y a un ambiente saludable. Estos elementos reflejan la necesidad de implementar políticas más robustas y efectivas para mitigar la contaminación por plásticos y proteger tanto el ecosistema marino como los derechos de las comunidades que dependen de él.

4 Discusión

La problemática de la contaminación oceánica por plásticos se ha convertido en una grave amenaza ambiental que ha escalado dramáticamente en los últimos años, impactando tanto la biodiversidad marina como la salud humana y los ecosistemas globales. Se estima que aproximadamente 8 millones de toneladas de residuos plásticos son vertidos en los océanos cada año, lo que hace evidente la urgencia de abordar este problema. Los plásticos, compuestos por polímeros derivados del petróleo y el gas natural, tienen una alta durabilidad y resistencia a la degradación, lo que contribuye a su persistencia y acumulación en el medio ambiente.

La contaminación por plásticos no solo afecta a la salud de los océanos, sino que también vulnera los derechos de la naturaleza en varias formas. Uno de los derechos fundamentales es el derecho a existir y prosperar, que sostiene que los ecosistemas marinos deben poder desarrollarse sin interferencias negativas. La presencia masiva de plásticos en los océanos daña estos ecosistemas, afectando la biodiversidad y poniendo en peligro la supervivencia de numerosas especies marinas. Además, esta contaminación interfiere con el equilibrio ecológico, introduciendo materiales no biodegradables que alteran las cadenas alimentarias y los hábitats marinos, lo que puede resultar en la disminución o extinción de especies y en cambios significativos en los ecosistemas oceánicos. La naturaleza posee el derecho a ser protegida contra la degradación, los desechos plásticos ocasionan enredos, asfixia y desnutrición en la fauna marina, representando así una forma de degradación que transgrede este derecho vital.

Por otro lado, el derecho a un ambiente sano también debe considerarse con la misma seriedad. Un ambiente limpio es crucial para la salud humana; los microplásticos pueden ingresar a la cadena alimentaria, alcanzando a los seres humanos y potencialmente causando problemas de salud debido a los contaminantes químicos que transportan. Esto amenaza directamente el derecho de cada individuo a vivir en un entorno saludable. Además, la contaminación por plásticos deteriora la calidad del agua en los océanos, un recurso vital para muchas comunidades costeras y para la biodiversidad marina. Un agua contaminada con plásticos y microplásticos no solo es inapropiada para el consumo humano, sino que también impide su uso recreativo, vulnerando así el derecho a un ambiente

limpio y seguro [17-18].

Asimismo, la presencia de plásticos en los océanos compromete la seguridad alimentaria de las comunidades que dependen del mar para su sustento. Los peces y mariscos contaminados con microplásticos representan un riesgo para la salud, lo que afecta la disponibilidad de alimentos seguros y nutritivos. La sostenibilidad ambiental es otro aspecto indispensable; un ambiente sano es crucial para garantizar el desarrollo sostenible. La contaminación por plásticos pone en peligro la sostenibilidad de los ecosistemas marinos y los recursos que estos proporcionan, afectando a largo plazo la capacidad de las futuras generaciones de disfrutar de un entorno saludable y de utilizar los recursos naturales de manera sostenible.

La persistencia de los plásticos en los océanos tiene consecuencias devastadoras para la fauna y flora marinas. Estos desechos no solo contaminan el agua, sino que también se convierten en trampas mortales para muchos organismos. Numerosos estudios han demostrado que los animales marinos, incluidos peces, tortugas y aves, pueden ingerir plásticos o quedar atrapados en ellos, lo que provoca lesiones graves, enfermedades y, en muchos casos, la muerte. La ingesta de microplásticos es particularmente preocupante, ya que se estima que al menos 170 especies marinas consumen estos pequeños fragmentos, lo que puede acarrear alteraciones metabólicas, problemas de reproducción y cambios en la fisiología hepática. Estas consecuencias resaltan la necesidad urgente de abordar la contaminación por plásticos para proteger tanto los océanos como los derechos de aquellos que dependen de ellos.

El marco jurídico del Ecuador, tal como se refleja en su Constitución y el Código Orgánico del Ambiente, reconoce los derechos inherentes de la naturaleza y el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y equilibrado. Sin embargo, la contaminación por plásticos en los océanos constituye una violación directa de estos derechos, ya que su presencia perturba los ciclos vitales y las funciones de los ecosistemas marinos. Esto contraviene los principios del *Sumak Kawsay*, que promueve la coexistencia armoniosa entre seres humanos y naturaleza. La acumulación de plásticos, debido a su resistencia a la degradación, pone en grave riesgo la biodiversidad y la sostenibilidad de los recursos naturales esenciales para la vida.

El Código Orgánico del Ambiente del Ecuador enfatiza la necesidad de desarrollar y aplicar normas de bioseguridad destinadas a la conservación y restauración de la biodiversidad, así como la prevención de la contaminación. En este contexto, la gestión adecuada de los plásticos se torna crucial para minimizar su impacto ambiental. Las políticas deben centrarse en reducir la producción y el uso de plásticos de un solo uso, promover alternativas sostenibles y asegurar la correcta disposición de los desechos plásticos.

Para abordar esta problemática, sería pertinente implementar prohibiciones a nivel local, nacional e internacional sobre el uso de productos plásticos de un solo uso, como bolsas, popotes y utensilios. Además, es fundamental crear incentivos fiscales y económicos para las empresas que adopten materiales alternativos al plástico, fomentando la investigación y desarrollo de productos biodegradables y reciclables.

Otro aspecto clave es la sensibilización de la población. Lanzar campañas globales y locales que eduquen sobre los impactos de la contaminación por plásticos en los océanos puede cambiar la percepción pública y resaltar la importancia de reducir, reutilizar y reciclar. La conservación de los océanos es esencial no solo para la biodiversidad, sino también para la salud humana, dado que los océanos desempeñan un papel vital en la regulación del clima y en la producción de oxígeno. Actuar en consecuencia es imprescindible para garantizar un futuro sostenible y saludable para las generaciones venideras.

5 Conclusión

Los resultados del método neutrosófico implementado, evidencian que la contaminación por plásticos en los océanos representa una problemática ambiental crítica que impacta gravemente la biodiversidad marina. Este fenómeno vulnera los derechos a la Naturaleza, ya que la Constitución del Ecuador y el Código Orgánico del Ambiente reconocen los derechos inherentes de la naturaleza a existir, prosperar y regenerar sus ciclos vitales. La presencia de plásticos en el océano contraviene estos derechos, al degradar los ecosistemas marinos y poner en riesgo la biodiversidad, además de afectar el derecho a un Ambiente Sano, dado que los microplásticos pueden ingresar a la cadena alimentaria, comprometiendo tanto la salud humana como la calidad del agua.

La investigación subraya la importancia de una gestión adecuada de los plásticos para garantizar la sostenibilidad de los recursos marinos. La conservación de los océanos es fundamental no solo para preservar la biodiversidad, sino también para salvaguardar la salud de los seres humanos, dado que los océanos juegan un papel crucial en la regulación del clima y la producción de oxígeno. Es imperativo implementar programas de limpieza y restauración de los ecosistemas marinos y fomentar el uso de alternativas sostenibles para mitigar el daño causado por los plásticos, asegurando así el bienestar humano y ambiental a largo plazo.

Se recomienda que se lleven a cabo prohibiciones a nivel local, nacional e internacional sobre el uso de productos plásticos de un solo uso, como bolsas, popotes y utensilios. Igualmente, sería recomendable fomentar campañas globales y locales de educación y sensibilización sobre los impactos de la contaminación por plásticos en los océanos, para fomentar una mayor conciencia y movilización social en torno a esta problemática. Estas conclusiones destacan la urgencia de adoptar medidas efectivas que protejan tanto la naturaleza como los derechos de las comunidades que dependen de un ambiente saludable.

Referencias

[1] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[2] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[3] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[4] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[5] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional,* vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.

[6] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[7] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[8] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[9] Author ed.^eds., "Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications," *Secaucus, NJ, USA*: Springer Verlag, 2010, p.^pp. Pages.

[10] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.

[11] R. Rossi, A. Amarante, L. Correia, S. Guerra, D. Nobrega, G. Latosinski, B. Rossi, V. Rall, and J. Pantoja, "Diagnostic accuracy of Somaticell, California Mastitis Test, and microbiological examination of composite milk to detect Streptococcus agalactiae intramammary infections," *Journal of Dairy Science,* vol. 101, no. 11, pp. 10220-10229, 2018.

[12] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[13] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[14] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[15] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[16] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[17] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[18] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 26, 2025. Aceptado: marzo 16, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Mapa Cognitivo Neutrosófico para el análisis del impacto de la minería legal e ilegal en la comunidad de Yutzupino y la vulneración de derechos de las comunidades étnicas

Neutrosophic Cognitive Map for the analysis of the impact of legal and illegal mining in the Yu-tzupino community and the violation of the rights of ethnic communities

Pablo Miguel Vaca Acosta [1], Santiago Fernando Fiallos Bonilla [2], Jordan Aldair Soria Mena[3], and Diego Fernando Caguana Pilapanta [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador.ua.pablovaca@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.santiagofiallos@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. jordansm12@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. diegocp98@uniandes.edu.ec

Resumen. Ecuador, un estado garantista de derechos, singular por constitucionalizar los derechos de la naturaleza, enfrenta desafíos en la protección de estos derechos y los de los pueblos indígenas debido a la explotación minera. En la comunidad Yutzupino, provincia de Napo, se evidencia la vulneración de derechos fundamentales como la existencia, regeneración, biodiversidad, no contaminación, cultura y territorio, como consecuencia de la actividad minera legal e ilegal. Esta investigación se propone implementar un Mapa Cognitivo Neutrosófico para analizar el impacto de la minería en Yutzupino y la vulneración de derechos de las comunidades étnicas en la cuenca del río Yutzupino. La contaminación generada por la minería impacta negativamente la salud de las comunidades, altera los ecosistemas acuáticos y representa una seria amenaza debido al uso de mercurio, especialmente perjudicial para el desarrollo prenatal. El estudio busca identificar estrategias que permitan comprender y abordar el conflicto de derechos originado por la explotación minera en la región, contribuyendo a la búsqueda de soluciones que equilibren el desarrollo económico con la protección de los derechos humanos y de la naturaleza.

Palabras Claves: Mapa Cognitivo Neutrosófico, minería ilegal, contaminación, vulneración de derechos, biodiversidad.

Abstract. Ecuador, a state that guarantees rights and is unique in that it constitutionalizes the rights of nature, faces challenges in the protection of these rights and those of indigenous peoples due to mining exploitation. In the Yutzupino community, in the province of Napo, there is evidence of the violation of fundamental rights such as existence, regeneration, biodiversity, non-contamination, culture and territory, as a consequence of legal and illegal mining activity. This research aims to implement a Neutrosophic Cognitive Map to analyze the impact of mining in Yutzupino and the violation of the rights of ethnic communities in the Yutzupino River basin. The contamination generated by mining negatively impacts the health of communities, alters aquatic ecosystems and represents a serious threat due to the use of mercury, which is especially harmful to prenatal development. The study seeks to identify strategies that allow us to understand and address the rights conflict caused by mining exploitation in the region, contributing to the search for solutions that balance economic development with the protection of human rights and nature.

Keywords: Cognitive Neutrosophic Map, illegal mining, pollution, violation of rights, biodiversity

1 Introducción

La protección y conservación de la naturaleza se han consolidado como pilares fundamentales del desarrollo sostenible a nivel global. El reconocimiento de la naturaleza como un sujeto de derechos, reflejado en diversas legislaciones y tratados internacionales, subraya la necesidad de salvaguardar los ecosistemas y la biodiversidad como elementos esenciales para el bienestar humano y la integridad del planeta [1-25]. Sin embargo, la creciente demanda de recursos naturales ha intensificado la presión sobre los ecosistemas, especialmente a través de actividades extractivas como la minería, que a menudo generan impactos ambientales y sociales significativos [2].

La minería, tanto legal como ilegal, puede desencadenar una serie de efectos perjudiciales en el entorno natural. La deforestación, la alteración de los cauces de agua, la contaminación del suelo y del agua con metales pesados y otros contaminantes, y la pérdida de biodiversidad son solo algunas de las consecuencias directas de la actividad minera [3-26]. Estos impactos no solo afectan la salud de los ecosistemas y la disponibilidad de recursos naturales esenciales, sino que también pueden tener efectos devastadores en las comunidades locales que dependen de estos recursos para su subsistencia y bienestar. Además, la minería puede contribuir al cambio climático a través de la emisión de gases de efecto invernadero y la destrucción de sumideros de carbono naturales, como los bosques [4].

En Ecuador, la naturaleza es reconocida como un sujeto de derechos, lo que implica el respeto irrestricto a su existencia, ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, así como su restauración y regeneración [5]. Estos derechos están consagrados en la Constitución de la República del Ecuador [6-27]. Sin embargo, la realidad en la comunidad de Yutzupino, en Ecuador, revela un conflicto significativo derivado de la minería, tanto legal como ilegal. Esta actividad, motivada por la riqueza en oro aluvial de la zona, ha provocado la vulneración de derechos fundamentales de la comunidad, tales como el derecho a la existencia, a la regeneración, a la biodiversidad, a un ambiente libre de contaminación, a la cultura y al territorio. La explotación de estos recursos naturales ha tenido consecuencias devastadoras, incluyendo la muerte de la vida acuática y afectaciones a la salud de los habitantes de la comunidad.

La situación se agrava debido a la dependencia de las comunidades al agua del río como fuente de sustento, en un marco legal que se percibe como inadecuado para proteger el medio ambiente y los derechos de las comunidades de la provincia de Napo. La minería ilegal, en particular, ha generado impactos negativos profundos en la vida de las comunidades y en su entorno natural, afectando su salud, cultura y territorio en la cuenca del río Yutzupino [7]. La expansión de la minería ilegal ha llevado a la pérdida de hectáreas de territorio y, en casos extremos, a la desaparición de brazos enteros del río Yutzupino, generando indignación entre los habitantes cuya subsistencia depende del turismo y de los recursos naturales que ofrece el río. Ante esta problemática, las autoridades han tomado medidas, como la suspensión temporal de actividades mineras en Napo, aunque manteniendo las concesiones existentes [8-28].

El impacto de esta problemática es de gran envergadura, ya que no solo compromete el bienestar presente de las comunidades étnicas en la cuenca del río Yutzupino, sino que también pone en riesgo su capacidad para garantizar un futuro sostenible para las generaciones venideras. La minería ilegal, además de causar daños al entorno natural y a los recursos esenciales para estas comunidades, atenta contra sus derechos fundamentales como pueblos indígenas, afectando su integridad cultural, social y ambiental en un contexto de creciente vulnerabilidad ecológica y cambio climático [9-29]. En este contexto, la presente investigación se propone implementar un Mapa Cognitivo Neutrosófico para analizar el impacto de la minería legal e ilegal en la comunidad de Yutzupino y la vulneración de derechos de las comunidades étnicas en la cuenca del río, con el fin de identificar estrategias que permitan mitigar estos efectos negativos y promover el desarrollo sostenible de la región.

2 Materiales y métodos

Los factores asociados a la minería legal e ilegal, que fomentan la vulneración de derechos de las comunidades étnicas en la cuenca del río Yutzupino, provincia de Napo, pueden ser modelado como un problema de toma de decisiones multicriterio a partir del conjunto de casos que representan las alternativas a analizar en el procesamiento, en el cual:

El número de casos (legales e ilegales) de minería actual $P= \{P_1, \dots P_n\}, n \geq 1$,

Que poseen un conjunto de características relacionadas a protección de la naturaleza y la vulneracion de los derechos de las comunidades, que representan los múltiples criterios valorativos donde: $C= \{C_1, \dots C_m\}, m \geq 2$.

La investigación se enmarca en el objeto de estudio del análisis de indicadores que permiten evaluar el impacto de la minería legal e ilegal en la comunidad de Yutzupino y la vulneración de derechos de las comunidades étnicas. Utiliza técnicas de inteligencia artificial para la inferencia sobre el análisis de incidencias y basa su funcionamiento a partir del método científico del criterio de expertos para obtener la base de conocimiento necesaria en el desarrollo de la investigación. Para el desarrollo de la presente, se modeló las relaciones causales de los indicadores que permite evaluar los factores generales asociados al fenómeno objeto de estudio. En este estudio es necesario comprender los siguientes conceptos:

- **Modelos causales:** existen diferentes tipos de causalidad que son expresadas en forma de grafos, donde cada modelo causal que se puede representar por un grafo son representaciones de la causalidad entre conceptos. Los modelos causales permiten modelar la causa o efecto de un determinado evento [10] . La Figura 1 muestra un esquema con las diferentes relaciones causales.

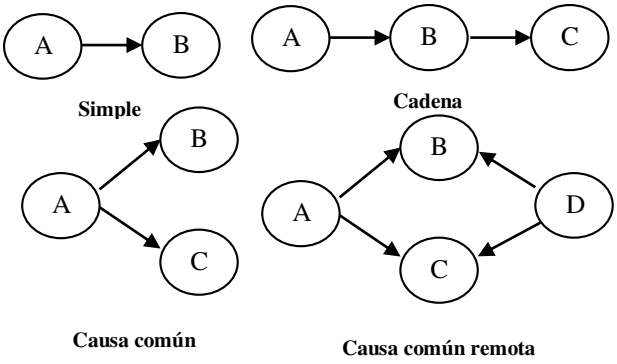


Figura 1: Ejemplo de modelos causales.

- **Mapa Cognitivo Neutrosófico (MCN):** es una técnica que permite la representación de las relaciones causales de diferentes conceptos, propuesta por Kosko [11] como una extensión de los modelos mentales empleando valores difusos en un intervalo de [-1,1]. Los MCN se representan mediante modelos difusos con retroalimentación para representar causalidad [12, 13, 30].

En el MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos [14-31]:

- $W_{ij} > 0$, indica una causalidad positiva entre los conceptos C_j *y* C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva al incremento (o disminución) en el valor de C_i.
- $W_{ij} < 0$, indica una causalidad negativa entre los conceptos C_j *y* C_i. Es decir, el incremento (o disminución) en el valor de C_j lleva a la disminución (o incremento) en el valor de C_i.
- $W_{ij} = 0$, indica la no existencia de relaciones entre los conceptos C_j *y* C_i.

3 Método para el análisis del impacto de la minería legal e ilegal en la comunidad de Yutzupino

El sistema propuesto está estructurado para soportar el proceso de análisis del impacto de la minería legal e ilegal en la comunidad de Yutzupino y la vulneración de derechos de las comunidades étnicas. Basa su funcionamiento mediante un enfoque multicriterio multiexperto donde se modela la integración de la pro-tección de los derechos de la naturaleza y las comunidades étnicas, a partir del conjunto de criterios que definen el caso. Utiliza en su inferencia modelos causales como forma de representar el conocimiento a partir de la técnica de inteligencia artificial Mapa Cognitivo Neutrosófico. El método está diseñado me-diante una arquitectura en tres capas: 1: Entradas; 2: Procesamiento; y 3: Salida de información, como se muestra en la figura 2.

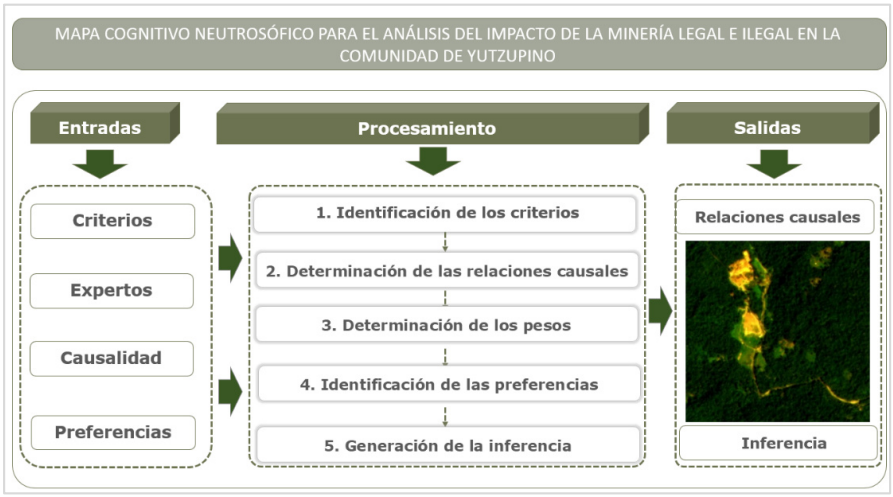


Figura 2. Estructura del método propuesto para el análisis del impacto de la minería legal e ilegal en la comunidad de Yutzupino.

La capa de Procesamiento está conformado por cinco actividades: (i) identificación de los criterios; (ii) determinación de las relaciones causales; (iii) identificación de los pesos; (iv) identificación de las preferencias; y (v) generación de la inferencia. Estas actividades son descritas a continuación:

Actividad 1 identificación de los criterios: La identificación de los criterios para el análisis del impacto de la minería legal e ilegal en la comunidad de Yutzupino y la vulneración de derechos de las comunidades étnicas, en la que se determinan el conjunto general de indicadores que determinan la base de inferencia [15]. Se utiliza un enfoque multicriterio para analizar la base de casos, por lo que se identifican la mayor cantidad de indicadores posibles.

Actividad 2 determinación de las relaciones causales: En esta actividad se utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Garantiza la representación del conocimiento causal del proceso de minería [16]. La actividad consiste en extraer el conocimiento que poseen los expertos sobre los casos de minería legal e ilegal y los efectos que estos tienen para la naturaleza y las comunidades cercanas. Las relaciones causales son expresadas mediante un dominio de valores que expresan relaciones de implicación directas o inversas para lo cual se utiliza la escala tal como muestra la Tabla1. Esta actividad es muy importante ya que el conocimiento que poseen los expertos sobre los casos de minería actual no está registrado en la base de casos analizada.

Tabla 1: Dominio de valores para expresar causalidad.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	[1,0,0]
Muy muy buena (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
Muy buena (MB)	[0.8,0,15,0.20]
Buena (B)	[0.70,0.25,0.30]
Medianamente buena (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
Medianamente mala (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
Muy mala (MM)	[0.20,0.85,0.80]
Muy muy mala (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
Extremadamente mala (EM)	[0,1,1]

Durante la determinación de las relaciones causales se realiza un proceso de agregación donde se obtiene un arreglo denominado matriz de adyacencia que representa los valores asignados a los arcos de modo que:

$$M = \begin{bmatrix} \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & W_{ij} & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \end{bmatrix}$$

La matriz de adyacencia $M = M(C_i C_j)$ representa el valor causal de la función del arco, el nodo C_i que es imparte C_j. C_i incrementa causalmente a C_j si $M_{ij} = -1$, y no imparte causalmente sí $M_{ij} = 0$.

Actividad 3 identificación de los pesos atribuidos a los criterios: a partir de la obtención en la actividad 2 de la matriz de adyacencia, los valores agregados emitidos por los expertos agrupados, conforman las relaciones con los pesos de los nodos, a través del cual es generado el Mapa Cognitivo Neutrosófico resultante [12, 13]. Mediante un análisis estático del resultado de los valores obtenidos en la matriz de adyacencia se puede calcular el grado de salida utilizándose la ecuación (1) donde se obtienen los pesos atribuidos a cada caso.

$$id_i = \sum_{i=1}^{n} \left\| I_{ji} \right\| \tag{1}$$

Actividad 4 identificación de las preferencias: la identificación de las preferencias es la actividad que consiste en determinar cuál es el comportamiento actual de la minería legal e ilegal en la comunidad de Yutzupino y la vulneración de derechos de las comunidades étnicas. Para ello se entrevista a los expertos y se determina el grado de preferencia que poseen los criterios a partir de la evaluación. La Tabla 2 muestra el dominio de valores con sus etiquetas lingüísticas utilizados para expresar las preferencias sobre los casos de minería analizados.

Tabla 2: Dominio de valores para expresar preferencias.

Valor	Impacto
[0,1,1]	Ausencia del criterio (AC)
[0.20,0.85,0.80]	Ligera presencia del criterio (LP)
[0.50,0.50,0.50]	Baja presencia del criterio (BP)
[0.70,0.25,0.30]	Presencia del criterio (PS)
[1,0,0]	Alta presencia del criterio (AP)

Actividad 5 generación de la inferencia: el proceso de generación del análisis se basa en la simulación del escenario propuesto por Glykas [17, 18] los nuevos valores de los conceptos expresan la influencia de los conceptos interconectados al concepto específico y se calculan mediante la ecuación (2):

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1;\, j\neq i}^{n} A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \quad (2)$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji}: es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y f (x) es la función de activación [19].

4 Resultados

La presente sección realiza una descripción de la implementación del método para el análisis del impacto de la minería legal e ilegal en la comunidad de Yutzupino y la vulneración de derechos de las comunidades étnicas, mediante Mapa Cognitivo Neutrosófico. El caso de estudio analiza el comportamiento en casos de minería identificados en la cuenca del rio Yutzupino, provincia de Napo, Ecuador. A partir del análisis de casos es posible determinar el comportamiento de las diferentes alternativas en función del análisis de los criterios evaluativos. A continuación se describen los resultados del estudio:

Actividad 1 identificación de los criterios:

Para implementar el Mapa Cognitivo Neutrosófico en el análisis del impacto de la minería legal e ilegal en la comunidad de Yutzupino y la vulneración de derechos de las comunidades étnicas en la cuenca del rio Yutzupino, provincia de Napo, es fundamental contar con la participación de expertos en áreas relacionadas Con el tema objeto de estudio. Para la selección de los expertos se implementó el siguiente procedimiento:

Se identificaron áreas de especialización relevantes que requerían expertos con conocimientos en Derechos Humanos y Pueblos Indígenas, así como en Minería y Medio Ambiente, que poseyeran experiencia en la evaluación de impactos ambientales. También se buscó contar con expertos en Ecología y Biodiversidad Amazónica, así como en Salud Pública y Toxicología Ambiental, garantizando así una comprensión completa de los efectos de la minería en la salud de poblaciones vulnerables. Se incorporaron profesionales con conocimiento sobre Desarrollo Comunitario y Economía Local, y se priorizó la habilidad en Cartografía y Sistemas de Información Geográfica (GIS), lo que permite un análisis espacial de los impactos relacionados con la minería y la deforestación.

Se establecieron criterios de inclusión durante el proceso de selección. Los expertos debían tener un mínimo de cinco años de experiencia profesional comprobable en sus áreas de especialización, preferiblemente relacionados con la minería o el desarrollo comunitario en la Amazonía. Se valoró positivamente la experiencia de trabajo en la provincia de Napo y el conocimiento de las culturas y costumbres locales. Además, se consideraron las publicaciones y la producción académica de los candidatos, priorizando aquellos que demostraran conocimiento técnico a través de publicaciones en revistas científicas y documentos relevantes. Se garantizó la independencia y objetividad de los expertos, asegurando que no tuvieran vínculos con empresas mineras ni con intereses políticos o económicos que pudieran influir en sus opiniones, y se verificó la disponibilidad de los seleccionados para participar activamente en entrevistas, talleres y en la revisión de documentos pertinentes a la investigación.

El proceso de selección de expertos se implementó mediante una convocatoria pública que se difundió a través de universidades, centros de investigación, organizaciones no gubernamentales y redes profesionales. Las candidaturas fueron evaluadas conforme a los criterios de inclusión y áreas de especialización relevantes. Se realizaron entrevistas a los candidatos preseleccionados para evaluar su conocimiento, experiencia y disponibilidad. Se seleccionaron aquellos expertos que mejor se ajustaron a los criterios establecidos, garantizando una diversidad de áreas de especialización que enriquecen el análisis del impacto de la minería en la comunidad de Yutzupino.

Mediante el criterio de experto, se identificaron los criterios evaluativos descritos en la tabla 3.

Tabla 3: Identificación de los criterios.

Nodo	Criterios evaluativos
C_1	Impacto ambiental: Evaluación de la alteración de los ecosistemas acuáticos y terrestres, la deforestación, la pérdida de biodiversidad, la contaminación del agua y del suelo, la erosión y la sedimentación (Área de deforestación, concentración de metales pesados en el agua y el suelo, número de especies en peligro de extinción, cambios en la calidad del agua).
C_2	Impacto en la salud: Análisis de los efectos de la contaminación minera en la salud de las personas, incluyendo enfermedades respiratorias, dermatológicas, neurológicas y cáncer. (Tasa de incidencia de enfermedades relacionadas con la contaminación, niveles de mercurio en la sangre y el cabello, acceso a servicios de salud).
C_3	Impacto socioeconómico: Evaluación de los cambios en las actividades productivas, el empleo, los ingresos, la seguridad alimentaria, la educación y la infraestructura de las comunidades (Tasa de empleo, ingresos promedio, nivel de escolaridad, acceso a agua potable y saneamiento, seguridad alimentaria).
C_4	Impacto cultural: Análisis de la alteración de las prácticas culturales, las tradiciones, los conocimientos ancestrales, los sitios sagrados y la identidad de las comunidades (Pérdida de lenguas indígenas, cambios en las prácticas agrícolas tradicionales, degradación de sitios arqueológicos, conflictos culturales).
C_5	Vulneración de derechos: Evaluación del cumplimiento de los derechos humanos de las comunidades, incluyendo el derecho a la consulta previa, libre e informada, el derecho a la salud, el derecho al agua, el derecho a un ambiente sano y el derecho a la autodeterminación (Número de denuncias por violación de derechos humanos, acceso a la justicia, participación en la toma de decisiones, cumplimiento de los acuerdos de consulta previa).

Actividad 2 determinación de las relaciones causales:

La determinación de las relaciones causales entre los criterios se utiliza en la escala propuesta en la Tabla 1, donde participaron 5 expertos, se obtuvieron los 5 Mapas Cognitivos Neutrosóficos agregando las respuestas en un único resultado. La Tabla 4 muestra la matriz de adyacencia obtenida como resultado del proceso.

Tabla 4: Matriz de adyacencia resultante

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	[0, 0,0]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]
C_2	[1,0,0]	[0, 0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]
C_3	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]
C_4	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0, 0,0]	[1,0,0]
C_5	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.9, 0.1, 0.1]	[1,0,0]	[0, 0,0]

Actividad 3 identificación de los pesos atribuidos a los criterios:

Para la identificación de los pesos se tiene en cuenta la base de conocimiento almacenado en la matriz de adyacencia de la Tabla 4, aplicando la ecuación (1), se obtiene el comportamiento del peso los criterios para el análisis del impacto de la minería legal e ilegal en la comunidad de Yutzupino. La Tabla 5 muestra los pesos resultantes.

Tabla 5: Peso atribuido a los criterios evaluativos.

Nodos	Criterios	Peso
C_1	Impacto ambiental	[0.76, 0.5,0.25]
C_2	Impacto en la salud	[0.78, 0.5,0.25]
C_3	Impacto socioeconómico	[0.74, 0.5,0.25]
C_4	Impacto cultural	[0.76, 0.5,0.25]
C_5	Vulneración de derechos	[0.78, 0.5,0.25]

Actividad 4 identificación de las preferencias:

A partir de la entrevista con abogados especialistas sobre el tema, docentes de la Universidad UNIANDES, activistas ambientales, así como grupos locales de la provincia de Napo, específicamente en la comunidad Yutzupino, se determinó el grado de preferencia que poseen los criterios evaluativos sobre la minería legal e ilegal. El

estudio fue realizado en una alternativa que representa el caso objeto de estudio. La Tabla 6 muestra los valores resultantes.

Tabla 6: Preferencia atribuida a los criterios del caso de minería objeto de análisis.

Alternativa	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	[0.5, 0.25,0]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.75, 0.5,0.25]	[0.5, 0.25,0]	[0.5, 0.25,0]

Actividad 5 generación de la inferencia:

A partir del proceso de simulación de escenario, se obtuvieron las predicciones de los comportamientos en el tiempo de los factores que impactan en la comunidad de Yutzupino y la vulneración de derechos de las comunidades étnicas, mediante el empleo de la ecuación (2). La predicción modela las relaciones de causalidad de los criterios que se manifiestan en el caso objeto de estudio. La Figura 3 muestra el resultado de la simulación donde se muestran su evolución.

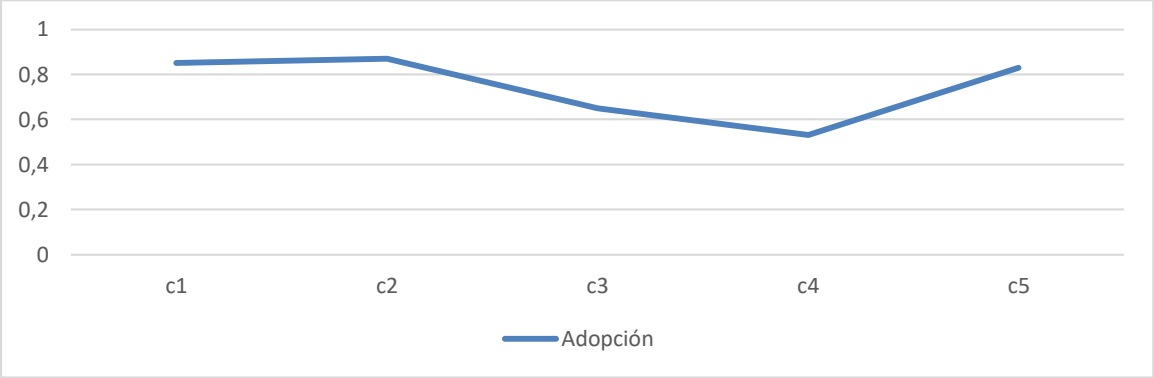


Figura 3: Resultado de la simulación de los criterios.

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a la alternativa y las preferencias se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia del criterio. La Tabla 7 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 7: Procesamiento de la inferencia

Alternativa A_1	**Pesos**	**Preferencias**	**Agregación**
C_1	[0.76, 0.5,0.25]	[1,0,0]	[0.88, 0.25,0]
C_2	[0.78, 0.5,0.25]	[1,0,0]	[0.89, 0.25,0]
C_3	[0.74, 0.5,0.25]	[1,0,0]	[0.87, 0.25,0]
C_4	[0.76, 0.5,0.25]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.83, 0.25,0]
C_5	[0.78, 0.5,0.25]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.84, 0.25,0]
Índice			[0.86, 0.25,0]

A partir del índice determinado se realiza una comparación del valor obtenido, donde se evidencia un índice de impacto en la comunidad de Yutzupino y la vulneración de derechos de las comunidades étnicas en la cuenca del río Yutzupino, provincia de Napo, de un I= 0.86, lo que representa un Alto índice impacto negativo y vulneración. La evaluación obtenida, proporciona información valiosa para tomar acciones que contribuyan a la protección integral de la naturaleza y las comunidades étnicas cercanas a la cuenca del río Yutzupino.

Adicionalmente, se aplicó una entrevista a pobladores longevos de la comunidad de Yutzupino, los testimonios de los pobladores revelan una clara percepción sobre la presencia de actividades de minería ilegal en su entorno. La mayoría de los encuestados confirmó haber observado estas actividades, lo que sugiere que la minería ilegal se ha vuelto un fenómeno evidente y alarmante en la comunidad. Esto no solo afecta la calidad de vida de los habitantes, sino que está intrínsecamente conectado a la conciencia ambiental de la comunidad. La creciente preocupación acerca de la disminución de especies animales y vegetales en la cuenca del río Yutzupino indica una clara preocupación por el ecosistema local. La percepción de que la minería ilegal ha alterado la biodiversidad subraya la necesidad de adoptar medidas urgentes para frenar estas actividades y proteger el entorno natural, crucial para

la supervivencia de especies y la salud de la comunidad.

En relación con la contaminación del agua, la percepción de los pobladores es igualmente preocupante. La mayoría de ellos ha notado un aumento en la contaminación del río Yutzupino, lo que pone de relieve las consecuencias directas de las actividades mineras ilegales. Este deterioro no solo impacta en la calidad del agua, sino que también afecta la salud de los habitantes que dependen de este recurso para su subsistencia. El daño al agua, combinado con la destrucción de tierras comunales, evidencia una crisis ambiental que amenaza el bienestar de la comunidad y altera el equilibrio ecológico local. La preocupación por estos problemas resalta la urgencia de implementar iniciativas de protección y restauración del medioambiente.

La discusión sobre la vulneración de derechos se vuelve aún más crítica cuando se involucra la responsabilidad del gobierno. Una gran parte de la comunidad siente que la minería ilegal ha socavado sus derechos a la existencia y regeneración, además de su derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación. La fuerte disposición de los pobladores a participar en iniciativas comunitarias y a apoyar la implementación de medidas más estrictas refleja un llamado colectivo a la acción. Esta voluntad de involucrarse activa y críticamente en la defensa de su entorno y cultura representa un poderoso testimonio de resiliencia y compromiso con su futuro. La preocupación por las futuras generaciones resuena en sus respuestas, demandando un cambio que garantice la protección de sus derechos y la conservación de su hogar. Las voces de Yutzupino alertan sobre un problema que va más allá de la minería; es una lucha por la vida, el espacio, la cultura, y el futuro de una comunidad que anhela un desarrollo sostenible y consciente de su entorno.

5 Discusión

La situación de la comunidad de Yutzupino refleja una clara violación de los derechos de la naturaleza y de los derechos humanos fundamentalmente ligados a la protección ambiental. En Ecuador, la Constitución establece formalmente el reconocimiento de estos derechos, lo que teóricamente brinda un marco legal para acciones que protegen y restauran los ecosistemas. Sin embargo, la realidad en Yutzupino dista mucho de esta idealidad. A pesar de que existe una licencia para la restauración y remediación ambiental otorgada a la empresa que opera en la zona, esta ha incumplido sus obligaciones, continuando con la extracción ilegal de minerales y causando daños visibles al entorno natural. Este contraste entre el marco legal y la práctica observada resalta la necesidad urgente de implementar mecanismos de control más eficaces y responsables [20].

En comparación, el enfoque de Colombia sobre la protección de los derechos ambientales ha sido más proactivo a través de decisiones judiciales que abordan la vulneración de derechos fundamentales, como lo evidenció la sentencia T-622 de 2016. Esta situación señala una respuesta activa del sistema judicial en la defensa de los derechos ambientales, contrastando con la complacencia y la falta de acción en Ecuador. La significativa vulneración de derechos en Yutzupino, especialmente en lo que respecta a la contaminación del agua y la destrucción de la biodiversidad, muestra una urgente necesidad de una respuesta legal más contundente que no solo reconozca estos derechos, sino que también garantice su protección efectiva [21].

Los derechos fundamentales vulnerados en Yutzupino abarcan áreas críticas como la no contaminación, la biodiversidad, la no regeneración, la cultura y territorio, y el derecho a la existencia. La grave contaminación del río Jatunyaku, consecuencia directa de la minería ilegal, se traduce en la presencia de metales pesados que afectan tanto la salud de los pobladores como la calidad del agua. A pesar de las afirmaciones de las autoridades sobre la supuesta inocuidad de esta situación, los hallazgos demuestran que la contaminación está poniendo en riesgo no solo a los ecosistemas acuáticos, sino también a la salud de las comunidades que dependen de estos recursos para su supervivencia [22].

La insuficiencia de las acciones de remediación y los continuos trabajos ilegales en la zona revelan un desdén por la restauración del medio ambiente, lo cual es un derecho que debe ser garantizado. Este incumplimiento perpetúa la degradación del ecosistema y demuestra una falta de compromiso por parte de las entidades responsables de supervisar y proteger el entorno. Adicionalmente, la destrucción de los espacios culturales y la migración forzada dentro de la misma comunidad subrayan cómo la minería ilegal afecta la cohesión social y los derechos a la cultura y el territorio. Este fenómeno se complica aún más por la coacción que enfrenta la comunidad, donde algunos optan por participar en la minería ilegal, a pesar de sus riesgos, lo que revela una dinámica de supervivencia y explotación [23].

A pesar de que Ecuador ha reconocido los derechos de la naturaleza en su Constitución, la implementación de esta normativa es deficiente y muchas veces ignorada. Esto contrasta con los avances en Colombia, donde se han otorgado derechos concretos a ciertos ecosistemas. La exigencia de la comunidad de Yutzupino de que se respeten sus derechos y que se tomen acciones decisivas por parte del gobierno refleja una conciencia crítica sobre la necesidad de protección no solo de su entorno, sino de su misma existencia como comunidad [24]. Este contexto precipita un llamado a una acción coordinada que involucre a las autoridades, las comunidades y la sociedad civil para enfrentar el desafío de la minería ilegal y garantizar un futuro sostenible y saludable.

En este contexto, es crucial abordar la problemática de la minería desde una perspectiva integral que considere

tanto los beneficios económicos que puede generar como los costos ambientales y sociales que implica. Se requiere una gestión responsable de los recursos naturales que promueva la adopción de prácticas mineras sostenibles, la aplicación de tecnologías más limpias y eficientes, y el fortalecimiento de los marcos legales y regulatorios para garantizar la protección de la naturaleza y los derechos de las comunidades afectadas. Además, es fundamental promover la participación activa de las comunidades locales en la toma de decisiones relacionadas con la minería, así como garantizar el acceso a información transparente y la rendición de cuentas por parte de las empresas mineras y las autoridades gubernamentales. La búsqueda de un equilibrio entre el desarrollo económico y la protección del medio ambiente es un desafío complejo, pero esencial para asegurar un futuro sostenible para todos.

6 Conclusión

A través de la implementación del Mapa Cognitivo Neutrosófico, se pudo realizar un análisis profundo de la situación de la minería en la comunidad de Yutzupino y los múltiples derechos de la naturaleza y la comunidad que se encuentran en juego. Este estudio ha revelado que, aunque la minería puede generar recursos económicos significativos, también acarrea consecuencias devastadoras para el medio ambiente y los derechos humanos cuando se lleva a cabo de manera irresponsable. En este caso específico, se ha evidenciado la vulneración de cinco derechos fundamentales: la no contaminación, la biodiversidad, la no regeneración, la cultura y territorio, así como el derecho a la existencia. Estas violaciones destacan la necesidad urgente de adoptar prácticas más sostenibles y responsables en las actividades mineras, ya que la falta de diligencia puede resultar en daños irreparables para la comunidad y su entorno.

La investigación también subraya que, si bien la minería no es intrínsecamente negativa, su gestión irresponsable y la falta de consideraciones adecuadas hacia el ecosistema contribuyen al deterioro ambiental y social. La situación en Yutzupino pone de manifiesto que el desarrollo económico no debe ser la única prioridad, sino que debe ir acompañado de un compromiso por parte de las empresas y del Estado para proteger los derechos de la naturaleza y de las comunidades afectadas. Esto implica que la regulación y supervisión de las actividades mineras deben ser estrictas y efectivas para evitar que se repitan los errores del pasado.

El reconocimiento de los Derechos de la Naturaleza como un concepto legal en Ecuador, define una obligación de ser más responsables como nación respecto a la protección de nuestros ecosistemas. La figura de la naturaleza como sujeto de derechos implica que se debe garantizar su conservación y regeneración. Sin embargo, la investigación pone de manifiesto que, a pesar de contar con un marco normativo que incluye la Constitución, la Ley de Minería y el Código Orgánico Integral Penal (COIP), la falta de un control efectivo y una supervisión adecuada por parte de las autoridades permite que las empresas mineras operen sin respeto por estas leyes, ampliando aún más el impacto negativo en comunidades como Yutzupino.

Es importante que la sociedad en su conjunto comprenda la importancia de vivir en armonía con la naturaleza. Esta relación es fundamental para alcanzar un estado de buen vivir, que no solo se basa en la prosperidad económica, sino también en el respeto y cuidado del entorno natural. El análisis realizado en esta investigación sugiere que el camino a seguir requiere una mayor conciencia social, el fortalecimiento de las instituciones encargadas de la regulación ambiental y una participación activa y comprometida de las comunidades en la defensa de sus derechos y del medio ambiente. Solo a través de estos esfuerzos se podrá asegurar un futuro sostenible y justo para las generaciones venideras.

Referencias

[1] Z. Yuxi, Z. Linsheng, W. Ling-en, and Y. Hu, "Measuring the conflict tendency between tourism development and ecological protection in protected areas: A study on National Nature Reserves in China," *Applied Geography,* vol. 142, pp. 102690, 2022.

[2] V. B. V. Tapi, "El medio ambiente y su importancia para la humanidad," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 7, pp. 296-304, 2023.

[3] M. O. Merino, M. M. Conforme, and D. V. Solórzano, "Los problemas ambientales en Ecuador y América Latina," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 4, no. 5, pp. 1-9, 2022.

[4] S. Köthe, N. Bakanov, C. A. Brühl, B. Gemeinholzer, T. Hörren, R. Mühlethaler, M. Sorg, H. Sumser, S. J. Swenson, and G. U. Lehmann, "Negative spill-over effects of agricultural practices on plant species conservation in nature reserves," *Ecological Indicators,* vol. 149, pp. 110170, 2023.

[5] F. P. M. Rendón, and D. R. V. Solorzano, "Conflictos fauna silvestre-humanos en el área de influencia al Bosque Protector Cordillera Chongón Colonche," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 3, pp. 745-763, 2023.

[6] P. M. M. Sánchez, and L. D. R. Barrezueta, "Centros de datos verdes en Ecuador: Una estrategia para disminuir la emisión de CO2 en los Centros de Datos ecuatorianos," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 16, no. 1, pp. 1-18, 2023.

[7] E. J. S. Grefa, L. A. Montalvo, J. E. Bonifaz, and E. d. P. A. Escobar, "La destrucción del Sumak Kawsay por la minería ilegal en la comunidad Yutzupino, Ecuador," *CIENCIAMATRIA,* vol. 8, no. 4, pp. 1146-1154, 2022.

[8] J. Cañar, and I. Loor, "The socio-environmental aftermath of gold mining in the Amazon: the case of Yutzupino in Napo, Ecuador," *Sustainability in Debate/Sustentabilidade em Debate,* vol. 14, no. 3, 2023.

[9] E. G. Espinoza-Galvez, "Gobernanza ambiental como estrategia para la formulación de políticas públicas vinculadas al sector minero: Comunidad de Yutzupino, cantón Tena," *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN-ISSN: 2697-3456,* vol. 8, no. 15, pp. 880-896, 2024.

[10] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, "Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.

[11] B. KOSKO, "Fuzzy cognitive maps," *International Journal of Man-Machine Studies,* vol. 24, no. 1, pp. 65-75, 1986.

[12] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[13] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[14] Gonzalo Nápoles, Maikel Leon Espinosa, Isel Grau, Koen Vanhoof, and R. Bello, *Fuzzy Cognitive Maps Based Models for Pattern Classification: Advances and Challenges*, p.^pp. 83-98, Soft Computing Based Optimization and Decision Models, 2018.

[15] B. B. Fonseca, and O. Mar, "Implementación de operador OWA en un sistema computacional para la evaluación del desempeño," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2021.

[16] M. Cornelio, "Estación de trabajo para la práctica de Microbiología y Parasitología Médica en la carrera de medicina integrado al sistema de laboratorios a distancia," *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río,* vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.

[17] Author ed.^eds., "Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications," *Secaucus, NJ, USA*: Springer Verlag, 2010, p.^pp. Pages.

[18] M. Y. L. Vázquez, I. A. M. Alcivar, M. E. P. González, R. M. A. Flores, R. L. Fernández, and M. A. T. Bonifaz, "Obtención de modelos causales como ayuda a la comprensión de sistemas complejos," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil,* vol. 18, no. 2, 2018.

[19] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.

[20] M. J. Bonilla Chango, "La criminalidad de la actividad ilícita de los recursos mineros auríferos en la parroquia Puerto Napo, Ecuador," https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/17000, 2023.

[21] C. C. de Colombia, "Sentencia T-622 de 2016," *MP: Jorge Iván Palacio Palacio*, 2016.

[22] L. E. Lema De la Torre, J. A. M. Rangel, and J. A. Carrera, "Estudio etnobotánico del bosque protector cascada de peguche, otavalo, ecuador: Propuesta de estrategias de conservación," *Recinatur International Journal of Applied Sciences, Nature and Tourism,* vol. 1, no. 2, pp. 1-11, 2019.

[23] M. J. Sánchez Montero, "Plan de salvaguardia del patrimonio cultural inmaterial de la comunidad Kichwa Yutzupino, parroquia Puerto Napo, cantón Tena, provincia de Napo," 2023.

[24] Y. García Quintana, Y. Arteaga Crespo, V. d. R. Chico Caiza, S. García Decoro, S. B. Luna Fox, and C. Bañol Pérez, "Potencial bioacumulador de metales pesados para la fitorremediación como alternativa para la recuperación del paisaje forestal en un área de extracción minera, Napo, Ecuador," *Revista Cubana de Ciencias Forestales,* vol. 12, no. 1, 2024.

[25] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[26] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[27] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[28] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[29] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[30] von Feigenblatt, O. F. “Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth”. Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[31] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. “El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura”. In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 26, 2025. Aceptado: marzo 16, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para la evaluación del impacto de la era digital en el derecho notarial

Neutrosophic method for assessing the impact of the digital era on notarial law

Diego Francisco Granja Zurita [1], Jeannette Amparito Urrutia Guevara [2], Samantha Naomi Barreno Sailema[3], and Niurka de los Ángeles Mejía Toscano [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.diegogranja@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.jeannetteurrutia@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. samanthabs58@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. niurkamt96@uniandes.edu.ec

Resumen. La digitalización transforma los sistemas legales globalmente, impactando jurisdicciones como España, México y Colombia. Ecuador enfrenta desafíos por la falta de normativa específica y capacitación en el uso de tecnologías notariales. Esta investigación analiza jurídica y teóricamente la problemática de la adaptación tecnológica en el derecho notarial ecuatoriano, analizando sus efectos positivos y negativos, y las barreras enfrentadas, mediante el derecho comparado. El objetivo principal es desarrollar un método neutrosófico para la evaluación del impacto de la era digital en el derecho notarial. La criptografía y las firmas digitales son cruciales para la protección de datos, pero el desconocimiento tecnológico genera preocupación. La digitalización notarial agiliza procesos y reduce costos, pero la ausencia de legislación adecuada en Ecuador y Latinoamérica pone en riesgo la seguridad de la información ciudadana.

Palabras Claves: Método neutrosófico, derecho notarial, era digital, medios electrónicos, notario, criptografía.

Abstract. Digitalization is transforming legal systems globally, impacting jurisdictions such as Spain, Mexico and Colombia. Ecuador faces challenges due to the lack of specific regulations and training in the use of notarial technologies. This research analyzes the legal and theoretical problems of technological adaptation in Ecuadorian notarial law, analyzing its positive and negative effects, and the barriers faced, through comparative law. The main objective is to develop a neutrosophic method for the evaluation of the impact of the digital age on notarial law. Cryptography and digital signatures are crucial for data protection, but technological ignorance generates concern. Notarial digitalization streamlines processes and reduces costs, but the absence of adequate legislation in Ecuador and Latin America puts the security of citizen information at risk.

Keywords: Neutrosophic method, notarial law, digital age, electronic media, notary, cryptography

1 Introducción

El Derecho Notarial ha evolucionado desde una función esencialmente religiosa y probatoria hasta un garante de la autenticidad y conservación de documentos legales. Hoy en día, su finalidad de asegurar la veracidad de los actos y transacciones que se elevan a escritura pública se mantiene vigente [1]. La era digital ha impulsado la adopción de medios electrónicos para agilizar procesos y mejorar el acceso global a servicios notariales [2].

Sin embargo, la integración de la tecnología en el ámbito notarial plantea desafíos [3]. Experiencias en legislaciones como la española, mexicana y colombiana demuestran tanto el potencial de la digitalización, como la necesidad de garantizar la privacidad y seguridad de los datos personales (Ley 24/2001). En Latinoamérica, a pesar de los avances en la digitalización del Derecho Notarial, el desconocimiento sobre criptografía genera inquietudes entre los usuarios respecto a la protección de su información [4].

En Ecuador, la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPD) establece principios para garantizar la seguridad de la información personal, como juridicidad, lealtad y transparencia. Esta ley es fundamental para las notarías ecuatorianas, donde tanto notarios como Matrizadores Notariales, deben asegurar el uso adecuado de los datos, implementando medidas técnicas y organizativas para prevenir ciberdelitos [5]. Complementariamente,

la Ley de Comercio Electrónico, Firmas y Mensajes de Datos regula la firma electrónica y la contratación telemática [6-39].

A pesar de este marco legal, la falta de familiaridad con las tecnologías y la insuficiente adaptación en el contexto notarial, especialmente en países como Ecuador, pueden comprometer la seguridad jurídica de los actos celebrados [7-41]. La figura del notario, como garante de esta seguridad, se ve desafiada por la carencia de normativa actualizada y parámetros claros para la protección de datos ciudadanos [8-40]. En Ecuador, esta situación obstaculiza la plena adopción de medios electrónicos y tecnologías en el Derecho Notarial, resaltando la necesidad de una implementación normativa específica para la regulación de medios electrónicos y la acreditación de datos dentro de las notarías.

En este contexto, el objetivo principal de esta investigación es desarrollar un método neutrosófico para la evaluación del impacto de la era digital en el derecho notarial.

2 Proceso de tomas de decisiones

La toma de decisiones es un proceso de selección entre cursos de alternativas, basado en un conjunto de criterios, para alcanzar uno o más objetivos [9]. Con respecto al concepto toma de decisiones, Schein, plantea [10]: es el proceso de identificación de un problema u oportunidad y la selección de una alternativa de acción entre varias existentes, es una actividad diligente clave en todo tipo de organización [11-42].

La toma de decisiones es un elemento central en la adaptación del derecho notarial a la era digital. Los notarios, como garantes de la seguridad jurídica, se enfrentan constantemente a decisiones que impactan directamente en la validez y eficacia de los actos notariales en un entorno digitalizado. La elección entre adoptar nuevas tecnologías (como la firma electrónica o la criptografía) y mantener prácticas tradicionales implica evaluar cuidadosamente los criterios de seguridad, eficiencia y cumplimiento normativo. Igualmente, la decisión sobre cómo equilibrar la protección de datos personales con la necesidad de agilizar los trámites requiere un análisis ponderado de las diferentes alternativas. En este contexto, la función del notario se redefine, pasando a ser un gestor de la confianza digital. Sus decisiones no solo deben basarse en el conocimiento del derecho, sino también en la comprensión de las implicaciones tecnológicas y en la capacidad de anticipar los riesgos y oportunidades que presenta la era digital.

Un proceso de toma de decisiones donde varían los objetos o decisiones, es considerado como un problema de toma de decisiones multicriterio. La evaluación multicriterio constituye una optimización con varias funciones objetivo simultaneas y un agente decisor. La ecuación 1 formaliza el problema planteado.

$$Max = F(x), x \in X \tag{1}$$

Donde:

x: es un vector $[x_1, , x_n]$ de las variables de decisión.

X: es la denominada región factible. Representa el dominio de valores posible que puede tomar la variable.

F(x): es un vector $[F_1 x, , F_n x]$ de las P funciones objetivos que recogen los criterios.

Max: representa la función a maximizar, esta no es restrictiva.

Específicamente los problemas multicriterio discretos constan básicamente de dos tipos de datos que constituyen el punto de partida para diferentes problemas de toma de decisiones multicriterio discreto (DMD). Cada problema de toma de decisiones puede ser diferente, sin embargo a partir de la versatilidad de su naturaleza se puede definir un procedimiento para la resolución de problemas. La Figura 1 muestra un esquema para abordar problemas de toma de decisiones.

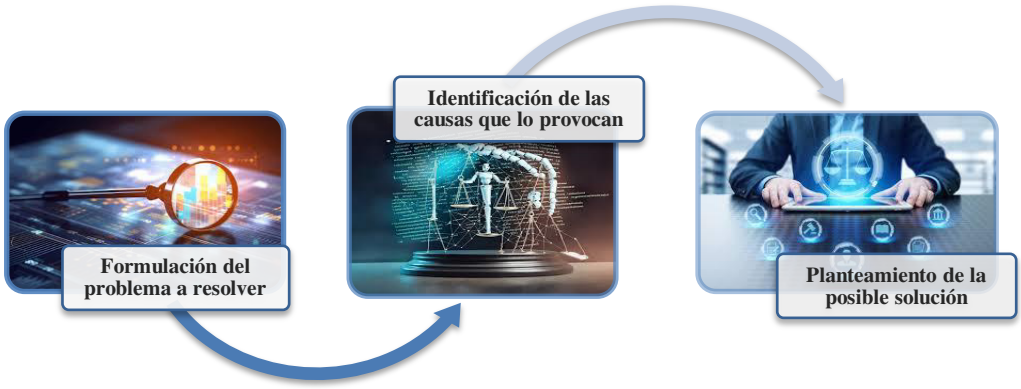


Figura 1: Procedimiento para abordar problemas de toma de decisiones.

Para la resolución de problemas de toma de decisiones, diversos han sido los métodos multicriterios propuestos [12-14]. Cuando se desea emitir una ponderación para una determinada alternativa, los métodos de ordenamiento y agregación representan una forma viable para su aplicación [15], [16], [17], [18, 43]. Dentro de los métodos multicriterio clásicos se encuentra la ponderación lineal. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 2 [19-22-44].

$$R_i = \sum_j W_j \, r_{ij} \tag{2}$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto m de alternativas y n criterios [23-25]. Para cada criterio j el decisor estima cada alternativa i. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio. Se asigna un peso $W_j(j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j [26-28]

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [29],[30] . Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [29], [31]. Un número neutrosófico (N) se representa de la siguiente forma [32], [33]:

Sean $N = \{(T, I, F): T, I, F \subseteq [0,1]\}n$, una valuación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene [34-36-44]:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{3}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 4.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)} \, r_{ij(T,I,F)} \tag{4}$$

Donde:

$R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

$W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_j$ asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

r_{ij}: representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

3 Diseño del método para la evaluación del impacto de la era digital en el derecho notarial

El método propuesto está diseñado soportar el flujo de trabajo para la evaluación del impacto de la era digital en el derecho notarial. Basa su funcionamiento a partir de técnicas multicriterio, multiexperto. Utiliza en su inferencia el método multicriterio Ponderación Lineal Neutrosófica. El método está diseñado mediante una estructura de tres etapas que en su conjunto determina la evaluación de competencias.

Etapa 1: Identificación de los criterios evaluativos

Representa el conjunto de criterios que se valoran para la evaluación del impacto de la era digital en el derecho notarial. Constituye un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\}$, n ≥ 2, criterios para la evaluación del impacto de la era digital en el derecho notarial.

Etapa 2: Determinación de los pesos.

Para la determinación de los pesos asociados a los criterios, se utiliza un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\}$, $m \geq 2$, donde E, representa los expertos que intervienen en el proceso.

Etapa 3: Evaluación neutrosófica del impacto de la era digital en el derecho notarial

La etapa de evaluación representa el procesamiento del método para emitir el resultado de la inferencia propuesta. Se procesan los datos empleando el método de la ponderación lineal mediante la ecuación 4. Como resultado se evalúa el impacto actual de la era digital en el derecho notarial ecuatoriano.

4 Resultados

Para la implementación del método propuesto se realizó un estudio de caso donde se analizó el comportamiento de los indicadores evaluativos en un caso de estudio sobre la cadena de custodia digital en Ecuador. Se conformó un panel de expertos (E) con el objetivo de asegurar una evaluación integral y ponderada del impacto de la era digital en el derecho notarial. El panel estuvo compuesto por profesionales cuidadosamente seleccionados, cumpliendo los siguientes criterios generales:

1. **Especializaciones:** Los expertos fueron seleccionados entre profesionales con experiencia demostrable en las siguientes áreas:
    - Derecho notarial y registral: Para asegurar un profundo conocimiento de los principios y prácticas notariales.
    - Tecnologías de la información y ciberseguridad: Para evaluar los aspectos técnicos y de seguridad relacionados con la digitalización.
    - Derecho digital y protección de datos: Para garantizar la comprensión de las implicaciones legales de la era digital y la protección de la información.
    - Gestión de la innovación y transformación digital: Para aportar una visión estratégica sobre la adopción de tecnologías en el sector legal.
2. **Competencias:** Se consideraron las siguientes competencias clave para la inclusión de los expertos en el panel:
    - Capacidad de análisis crítico y pensamiento estratégico.
    - Conocimiento actualizado de las tendencias tecnológicas y legales.
    - Habilidad para comunicar conceptos complejos de manera clara y concisa.
    - Experiencia en procesos de toma de decisiones multicriterio.
3. **Criterios de inclusión:** Los expertos fueron incluidos en el panel basándose en los siguientes criterios:
    - Acreditación académica y profesional en sus respectivas áreas de especialización.
    - Experiencia profesional relevante en el ámbito del derecho notarial y/o la tecnología.
    - Publicaciones o investigaciones relacionadas con la digitalización del sector legal.
    - Recomendaciones de instituciones académicas o profesionales reconocidas.

Etapa 1: Identificación de los criterios evaluativos.

Para el análisis y funcionamiento del método propuesto se definieron 6 criterios que permitieron realizar la evaluación del impacto de la era digital en el derecho notarial, tal como se presentan en la tabla 1.

Tabla 1: Criterios para la evaluación del impacto de la era digital en el derecho notarial.

No	Criterios	Descripción
1	Seguridad jurídica	Evalúa el nivel de garantía que ofrecen las herramientas digitales en la preservación de la seguridad jurídica de los actos notariales.
2	Eficiencia y agilidad	Mide el impacto de la digitalización en la reducción de tiempos y costos en los procesos notariales.
3	Accesibilidad y alcance	Determina cómo la era digital ha ampliado el acceso a los servicios notariales para diferentes grupos de la población.
4	Protección de Datos Personales	Valora la efectividad de las medidas implementadas para proteger la privacidad y seguridad de los datos personales en el entorno digital.
5	Adaptación normativa	Evalúa el grado de adecuación de la legislación vigente a los desafíos y oportunidades que plantea la digitalización del derecho notarial.
6	Capacitación y Conocimiento	Mide el nivel de formación y conocimiento de los notarios y funcionarios en el uso de herramientas digitales y la aplicación de la normativa relacionada.

Etapa 2: Determinación de los pesos.

Para la etapa de determinación de los pesos atribuidos a las competencias, se realizó la consulta a 5 expertos que expresaron sus valoraciones sobre las competencias. Se obtuvieron las tablas valorativas las cuales fueron agregadas en una tabla resultante. La tabla 2 muestra el resultado de la valoración de los criterios una vez realizado el proceso de agregación.

Tabla 2: Peso atribuido a los criterios a partir de la consulta a expertos.

Criterios	Valoración del criterio $W_{(T,I,F)}$
C_1	[0.80,0.25,0.25]
C_2	[1,0.15,0.10]
C_3	[1,0.15,0.10]
C_4	[0.90,0.15,0.25]
C_5	[0.90,0.15,0.25]
C_6	[1,0.15,0.10]

Etapa 3: evaluación neutrosófica del impacto de la era digital en el derecho notarial

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas y el desarrollo de los criterios definidos por los expertos, se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia de cada criterio. La Tabla 3 muestra el resultado del cálculo realizado.

Tabla 3: Procesamiento del sistema de toma de decisiones.

Criterio	Pesos $W_{(T,I,F)}$	Preferencias	$R_{i(T,I,F)}$
C_1	[0.80,0.25,0.25]	[0.90,0.15,0.25]	[0.85,0.25,0.25]
C_2	[1,0.15,0.10]	[0.90,0.15,0.25]	[0.95,0.025,0.015]
C_3	[1,0.15,0.10]	[1,0.10,0.15]	[1,0.10,0.15]
C_4	[0.90,0.15,0.25]	[0.60,0.25,0.25]	[0.75,0.25,0.25]
C_5	[0.90,0.15,0.25]	[0.90,0.15,0.25]	[0.9,0.025,0.015]
C_6	[1,0.15,0.10]	[0.80,0.25,0.25]	[0.9,0.025,0.015]
Índice			[0.89,0.025,0.015]

Para el caso de análisis se evidencia un índice de 0.89 lo que representa un alto índice de evaluación del impacto de la era digital en el derecho notarial.

El resultado de la evaluación neutrosófica, que arrojó un índice de 0.89, sugiere un impacto significativamente alto de la era digital en el derecho notarial ecuatoriano, específicamente en el contexto de la cadena de custodia digital. Este hallazgo es particularmente relevante dado el creciente interés en la digitalización de procesos legales y la necesidad de garantizar la integridad y autenticidad de la evidencia digital.

La alta puntuación obtenida puede indicar que, en el caso de estudio analizado, las herramientas y procedimientos implementados para la cadena de custodia digital han logrado un buen nivel de seguridad jurídica, eficiencia y accesibilidad. Es posible que las tecnologías utilizadas hayan permitido agilizar los trámites, reducir costos y facilitar el acceso a la información para las partes interesadas. Si bien el índice de 0.89 es prometedor, no implica necesariamente que todos los aspectos del derecho notarial en la era digital estén funcionando de manera óptima. Es fundamental considerar las limitaciones del estudio de caso, que se centró en un área específica (cadena de custodia digital) y puede no ser representativo de la totalidad del sector notarial.

5 Discusión

La pandemia de COVID-19 aceleró la digitalización de los actos notariales, impulsando la adopción de firmas electrónicas y el almacenamiento de datos en la nube. Este cambio plantea interrogantes sobre la seguridad de la información personal frente a posibles ciberdelitos. La falta de una normativa específica para regular los medios digitales en el derecho notarial genera controversia entre expertos de diversas legislaciones.

La firma electrónica se destaca como una herramienta clave en los actos notariales, gracias a la criptología [37]. No obstante, en [38] se advierte que la aplicación de medios electrónicos sin una regulación adecuada podría resultar en documentos nulos, subrayando la necesidad de una normativa específica

El debate sobre si un error en actos celebrados electrónicamente es causa de nulidad subsanable o no persiste. En España, la capacitación de los funcionarios y la eficacia en la implementación de medios electrónicos han minimizado los problemas de nulidad. Sin embargo, en países latinoamericanos como Ecuador, México y Colombia, la situación es diferente, como lo evidencia esta investigación.

En Ecuador, la digitalización del Derecho Notarial ha traído consigo una serie de beneficios tangibles. Entre ellos, destaca la optimización del tiempo en la realización de trámites, la prevención de la pérdida de documentos gracias al almacenamiento digital, y un aumento en la eficiencia y efectividad de los procesos notariales. Asimismo, se observa una reducción en los costos operativos asociados a la gestión documental y un incremento en la transparencia y auditabilidad de la gestión pública, lo cual fortalece la confianza en las instituciones.

Esta transformación digital también presenta desafíos importantes. La falta de capacitación adecuada en el uso de medios electrónicos por parte de los funcionarios y usuarios representa una barrera significativa. Además, la digitalización puede obstaculizar la garantía de la seguridad jurídica, generar riesgos para la protección de los datos personales, aumentar la posibilidad de suplantación de identidad y exponer a los ciudadanos a ciberdelitos. Finalmente, se genera una vulnerabilidad adicional para aquellas personas que no tienen acceso a la información o carecen de conocimientos en el manejo de tecnologías digitales.

Si bien la digitalización promete agilizar los procesos notariales, la falta de capacitación y la ausencia de una regulación adecuada generan discrepancias y riesgos que deben ser abordados para asegurar una transición exitosa hacia un entorno notarial digital seguro y eficiente.

6 Conclusión

La evaluación mediante el método neutrosófico ha revelado que, si bien la implementación digital del derecho notarial ha demostrado ser fundamental para agilizar procesos, mejorar la eficiencia y reducir costos operativos, la falta de educación adecuada y de leyes específicas en Ecuador y otros países latinoamericanos puede poner en riesgo la protección legal y la información de los ciudadanos.

Ecuador aún enfrenta desafíos significativos debido a leyes obsoletas e instalaciones modernas inadecuadas, lo que subraya la necesidad urgente de una actualización legislativa y tecnológica. La criptografía, esencial para garantizar la integridad y autenticidad de los registros digitales, se ve obstaculizada por la falta de conocimiento y confianza de los consumidores, lo que genera dudas sobre la capacidad del notario para proteger datos confidenciales. Esto pone de manifiesto la necesidad de una mayor educación y comprensión de estos sistemas de seguridad por parte de todos los actores involucrados.

Para superar estas deficiencias, es imperativo que los cambios tecnológicos en el derecho notarial se acompañen de modificaciones en las leyes que regulen claramente el uso de documentos electrónicos. La implementación efectiva de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales en el Notariado, junto con la creación de leyes específicas, resulta crucial para garantizar la legalidad y seguridad de los sistemas digitales. Estas medidas no solo reforzarán la confianza en el sistema notarial, sino que también proporcionarán mayor seguridad a los ciudadanos respecto a sus datos, demostrando que tanto los notarios como los servidores públicos son competentes y confiables para resguardar dicha información. La implementación integral de medios electrónicos, acompañada de la debida capacitación y regulación, favorecerá la transparencia y eficiencia de los actos notariales, mejorando la confianza y seguridad en los mismos.

Referencias

[1] F. I. Hoefsloot, N. Gupta, D. M. Muthama, and J. d. J. F. Durán, "Broker bureaucracies: The subsidiary offices of the digitalizing state," *Digital Geography and Society,* vol. 8, pp. 100112, 2025.

[2] D. R. O. Pérez Rojas, *Desafíos jurídicos ante la integración digital en las notarias*: Editorial Ebooks, 2023.

[3] H. Wicaksono, A. Mengistu, A. Bashyal, and T. Fekete, "Digital Product Passport (DPP) technological advancement and adoption framework: A systematic literature review," *Procedia Computer Science,* vol. 253, pp. 2980-2989, 2025.

[4] A. López-Torres, "Efectos del principio de inmediatez de la función notarial respecto a la digitalización de los contratos de compraventa de bien inmueble," 2019.

[5] F. P. S. Ramírez, and L. M. A. Granda, "Tecnologías de seguridad para empresas en Guayaquil," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 2, pp. 250-263, 2024.

[6] M. F. Z. Vera, L. A. M. Sabando, R. I. E. Torres, and D. J. B. Logroño, "Estrategias de negociación e-business en un almacén de calzados en Manta," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 2, pp. 354-366, 2023.

[7] D. L. Puedmag-Usiña, T.-d.-J. Molina-Gutiérrez, and M. E. Infante-Miranda, "Observatorio digital para el monitoreo y control del derecho a la justicia," *Iustitia Socialis. Revista Arbitrada de Ciencias Jurídicas y Criminalísticas,* vol. 9, no. 16, pp. 95-113, 2024.

[8] M. C. Yomona, A. M. B. Román, and D. H. R. Fernández, "Acceso a la justicia ante los retos de conectividad digital," *Revista de filosofía,* vol. 39, no. 1, pp. 455-471, 2022.

[9] S. Herbert, "The new science of management decision," *New York*, 1960.

[10] E. B. F. Fincowsky, "Toma de decisiones empresariales," *Contabilidad y Negocios* vol. Vol 6, No 11, pp. 113-120. ISSN 1992-1896, 2011.

[11] E. SCHEIN, "Process consultation," 1988.

[12] M. Saqlain, M. Saeed, M. R. Ahmad, and F. Smarandache, *Generalization of TOPSIS for Neutrosophic Hypersoft set using Accuracy Function and its Application*: Infinite Study, 2019.

[13] N. ValcÃ, and M. Leyva-VÃ, "Validation of the pedagogical strategy for the formation of the competence entrepreneurship in high education through the use of neutrosophic logic and Iadov technique," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 23, pp. 45-51, 2018.

[14] C. M. Villamar, J. Suarez, L. D. L. Coloma, C. Vera, and M. Leyva, *Analysis of technological innovation contribution to gross domestic product based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers*: Infinite Study, 2019.

[15] L. A. P. Florez, and Y. L. Rodríguez-Rojas, "Procedimiento de Evaluación y Selección de Proveedores Basado en el Proceso de Análisis Jerárquico y en un Modelo de Programación Lineal Entera Mixta," *Ingeniería,* vol. 23, no. 3, pp. 230-251, 2018.

[16] E. M. García Nové, "Nuevos problemas de agregación de rankings: Modelos y algoritmos," 2018.

[17] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[18] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[19] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.

[20] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[21] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.

[22] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.

[23] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[24] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[25] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[26] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[27] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[28] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[29] M. Leyva-Vázquez, and F. Smarandache, *Computación neutrosófica mediante Sympy*: Infinite Study, 2018.

[30] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[31] F. Morey Cortès, "El sistema alimentario global: ponderación cuantitativa de las variables del modelo en el entorno de Cataluña," Universitat Politècnica de Catalunya, 2019.

[32] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[33] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[34] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad,* vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.

[35] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[36] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[37] A. J. Mampilly, V. K. Manda, and C. P. S. M. Perumal, "Blockchain in Cybersecurity," *Advanced Cyber Security Techniques for Data, Blockchain, IoT, and Network Protection*, pp. 49-88: IGI Global Scientific Publishing, 2025.

[38] D. Vásquez, N. Cerpa, and R. Angles, "Un sistema de discusión seguro con participación anónima a través de servicios Web," *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería,* vol. 21, no. 1, pp. 82-98, 2013.

[39] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[40] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[41] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[42] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[43] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[44] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[45] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 26, 2025. Aceptado: marzo 16, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Evaluación multicriterio neutrosófica sobre las tendencias en transacciones y montos generados en ATM´s por Cooperativas de Ahorro y Créditos

Neutrosophic multi-criteria evaluation of trends in ATM transactions and amounts generated by Credit Unions

Martha Elizabeth Guaigua Vizcaíno [1], María Gladys Balla Yumisaca [2], Norma Eulalia Barona López [3], and Roberto Rolando López López [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.marthaguaigua@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. mariaby54@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.eulaliabarona@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. capostgrado@uniandes.edu.ec

Resumen: El proceso de globalización económica ha impulsado un rápido avance tecnológico, dando origen a innovaciones financieras como los cajeros automáticos (ATM´s). Estos han mejorado la eficiencia y velocidad de las transacciones, ofreciendo conveniencia en horarios y ubicaciones. La implementación de redes de cajeros compartidas amplía aún más la disponibilidad de servicios, beneficiando a bancos y cooperativas de ahorro y crédito al ofrecer a sus clientes acceso las 24 horas del día, los 365 días del año. Las Cooperativas de Ahorro y Créditos (COAC), con su enfoque local y comunitario, ofrecen servicios financieros a grupos específicos y son reguladas por la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria. Sin embargo, el avance tecnológico y la creciente adopción de soluciones financieras sin contacto están transformando el panorama, generando nuevos desafíos para los ATM´s. Para analizar estas tendencias en un contexto de cambio, esta investigación se propone desarrollar una evaluación multicriterio neutrosófica sobre las tendencias en transacciones y montos generados en ATM´s. Este análisis permitirá comprender mejor cómo los cajeros automáticos se están adaptando a las nuevas demandas del mercado y mantener su relevancia en las COAC.

Palabras Claves: Evaluación multicriterio neutrosófica, tendencia, ATM´s, análisis

Abstract. The process of economic globalization has driven rapid technological advancement, giving rise to financial innovations such as automated teller machines (ATMs). These have improved the efficiency and speed of transactions, offering convenience in times and locations. The implementation of shared ATM networks further expands the availability of services, benefiting banks and credit unions by offering their clients access 24 hours a day, 365 days a year. Credit Unions (COACs), with their local and community focus, offer financial services to specific groups and are regulated by the Superintendency of Popular and Solidarity Economy. However, technological advancement and the growing adoption of contactless financial solutions are transforming the landscape, generating new challenges for ATMs. To analyze these trends in a changing context, this research aims to develop a multi-criteria neutrosophic evaluation of trends in transactions and amounts generated in ATMs. This analysis will allow us to better understand how ATMs are adapting to new market demands and maintain their relevance in the COAC.

Keywords: Neutrosophic multicriteria evaluation, trend, ATMs, analysis

1 Introducción

El proceso de apertura de la economía del mundo ha dado origen a un acelerado progreso tecnológico durante un periodo de tiempo relativamente corto, dentro de este avance tecnológico han surgido las innovaciones financieras, que se centran en la creación de nuevos productos y servicios entre ellos los cajeros automáticos (ATM, *Automated Teller Machine*) [1], estos adelantos han contribuido a mejorar la eficiencia y acelerar el proceso de las

transacciones financieras de manera más conveniente y veloz [2-24]

En América Latina, los países con más cajeros automáticos son Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Venezuela, lo que se relaciona directamente con su población [3-25]. En 2019, la región tenía un promedio de 49.4 cajeros por cada 100,000 habitantes. En Ecuador hasta mayo de 2023, el país cuenta con 4,837 cajeros, todos con altos estándares de seguridad. Según datos estadísticos, las transacciones en cajeros aumentaron un 27% en 2022, con un total de 191 millones de transacciones y USD 18,777 millones movidos [4-26].

El uso del cajero automático es muy común para retirar dinero o realizar otras operaciones, brindando conveniencia en cuanto a horarios y ubicaciones [5]. Además, la implementación de redes de cajeros compartidas ofrece beneficios adicionales. Bancos y Cooperativas de Ahorro y Créditos (COAC) permiten a sus clientes/socios acceder tanto a sus propios cajeros como a los de otras instituciones financieras, ampliando así la disponibilidad de servicios. Esta colaboración resulta especialmente ventajosa para aquellos Bancos o COAC con una red limitada de cajeros, ya que les permite ofrecer a sus clientes una cobertura más amplia, garantizando el acceso y uso de los recursos financieros las 24 horas del día, todos los días del año [6-27].

Las Cooperativas de Ahorro y Crédito son entidades financieras que operan con el propósito de proporcionar servicios financieros a sus miembros tienen un enfoque local comunitario sirviendo a grupos específicos dentro de una comunidad determinada, esto puede incluir empleados de una empresa, residentes de una cuidad o miembros de una organización religiosa. Al igual que los Bancos tradicionales, las COAC ofrecen variedad de productos y servicios financieros, y son reguladas por la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria [7-28].

El papel de la cooperación entre seres humanos ha adquirido una importancia fundamental en el desarrollo de diversos aspectos culturales, sociales, políticos y económicos, esta colaboración ha posibilitado la asociación entre diferentes sectores de la población, permitiendo satisfacer necesidades generando mejores condiciones de vida mediante el esfuerzo colectivo; actúa como intermediario financiero, basado en una gestión democrática y sin fines de lucro se destacan como actores principales de la economía popular y solidaria, juegan un papel importante en el desarrollo económico y social del país, fomentando la participación y la cooperación con el propósito de contribuir a satisfacer las necesidades, aspiraciones y metas de sus socios estas entidades ofrecen una amplia gama de productos y servicios entre ellos el servicio del cajero Automático [8-29].

Los cajeros automáticos, son máquinas diseñadas para realizar diversas transacciones financieras, como la entrega o recepción de dinero, funcionan mediante el uso de una tarjeta y una clave personal que identifica al usuario, facilita la realizar transacciones, y consultar saldos bancarios. El servidor de cajeros automáticos almacena un registro detallado de todas las transacciones procesadas a diario, por la tarde se generan una serie de informes que incluyen la siguiente información: transacciones realizadas por sus propios socios; transacciones realizadas con tarjetas emitidas por otros bancos o Cooperativas de Ahorro y Crédito, identificadas como transacciones externas, tanto en términos de cantidad de transacciones como de montos. Las autoridades reguladoras, como el Banco Central o la Superintendencia de Bancos, suelen requerir este tipo de información, por lo tanto, es esencial contar con una aplicación que permita generar estos informes de manera automatizada [9-30].

La red interbancaria es un sistema informático que facilita la conexión entre diferentes entidades bancarias, permitiendo que los cajeros automáticos puedan interactuar con tarjetas emitidas por otros bancos o Cooperativas de Ahorro y Crédito. Esto posibilita que los clientes puedan realizar transacciones en cajeros automáticos de instituciones financieras distintas a la suya. Es importante destacar que en algunos casos los bancos o cooperativas pueden aplicar una tarifa adicional a los usuarios por utilizar cajeros automáticos que no pertenecen a su red [10].

A medida que la tecnología continúa avanzando y las preferencias de los consumidores evolucionan, los cajeros automáticos enfrentan un futuro incierto pero emocionante; se discuten posibles tendencias futuras, como la creciente adopción de pagos sin contacto y la integración de cajeros automáticos en ecosistemas financieros más amplios, se enfatiza la importancia de la innovación continua y la adaptación ágil para garantizar la relevancia a largo plazo de los cajeros automáticos.

Dado que los avances tecnológicos han permeado diversos aspectos de la vida diaria, también han transformado las operaciones y transacciones realizadas en las entidades bancarias; Los cajeros automáticos desempeñan un papel crucial en esta evolución, mejorando los servicios ofrecidos por los bancos y reduciendo el tiempo necesario para completar una transacción u operación bancaria; por consiguiente, el objetivo de esta investigación es desarrollar una evaluación multicriterio neutrosófica sobre las tendencias en transacciones y montos generados en ATM´S por Cooperativas de Ahorro y Créditos.

2 Estructura del método multicriterio para la evaluación neutrosófica sobre las tendencias en transacciones y montos generados en ATM´S por COAC en Ecuador

Para la evaluación multicriterio neutrosófica sobre las tendencias en transacciones y montos generados en ATM´S por Cooperativas de Ahorro y Créditos en Ecuador, se utilizó un método que basa su funcionamiento mediante números neutrosóficos para modelar la incertidumbre. Basa su funcionamiento a partir de técnicas multicriterio, donde se modelan los indicadores para evaluar estas tendencias, específicamente en las COAC. El método utiliza para la inferencia la Ponderación Lineal Neutrosófica. Está diseñado mediante una estructura de tres

actividades que en su conjunto determina el análisis evaluativo de tendencias.

Actividad 1: Identificación los criterios de evaluación

Representa el conjunto de criterios que definen las tendencias en transacciones y montos generados en ATM´S por Cooperativas de Ahorro y Créditos. El conjunto de criterios representan un parámetro de entrada del método propuesto, se sustenta mediante un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\}$, n ≥ 2, indicadores que representan los criterios evaluativos.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios

El proceso de determinación de los pesos, representa la actividad que determinar los vectores de pesos asociados a los casos objetos de análisis. Representa un parámetro para el proceso de inferencia. Se basa en un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\}$, $m \geq 2$, donde E, representa los expertos que determinan los vectores de pesos asociados a los casos de análisis.

Actividad 3: Evaluación de los criterios

La actividad representa el procesamiento del método de inferencia para determinar los criterios que definen el caso. El procesamiento de los datos se realiza mediante la ponderación lineal neutrosófica que constituye un método multicriterio [11-13]. La ponderación lineal neutrosófica representa una alternativa a los métodos multicriterios clásicos [14]. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 1.

$$R_i = \sum_j W_j \, r_{ij} \tag{1}$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto m de alternativas y n criterios. Para cada criterio j el decisor estima cada alternativa i. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio. Se asigna un peso $W_j(j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j.

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [15]. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [16]. Un número neutrosófico (N) se representa de la siguiente forma:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$, una valuación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia p se tiene [17-19]:

$$v\,(p) = (T, I, F) \tag{2}$$

Donde:
T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,
I: representa la falsedad,
F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 3.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)} \, r_{ij(T,I,F)} \tag{3}$$

Donde:

$R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

$W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_j$ asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

r_{ij}: representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

3 Implementación del método multicriterio para la evaluación neutrosófica sobre las tendencias en transacciones y montos generados en ATM´S por COAC

Para evaluar las tendencias en las transacciones y montos generados por los cajeros automáticos (ATM) de la Cooperativa de Ahorro y Crédito (COAC), se requiere capture la complejidad y la incertidumbre inherentes a estos datos. En esta sección se describe la implementación del método multicriterio para la evaluación neutrosófica sobre las tendencias en transacciones y montos generados en ATM´S por COAC. Con este método se espera obtener una evaluación más robusta y precisa, considerando múltiples criterios y la posibilidad de información incompleta o vaga, lo que resulta fundamental para la toma de decisiones estratégicas en la gestión de servicios financieros.

3.1 Presentación del caso de estudio: COAC Fernando Daquilema

A continuación se realiza una descripción de la corrida por actividades del método neutrosófico multicriterio propuesto en esta investigación. En este caso se tomará como objeto de estudio la Cooperativa de Ahorro y Crédito COAC Fernando Daquilema. El caso se presenta tal como se muestra a continuación:

Durante el segundo semestre del año 2023, se ha evidenciado una tendencia notable de crecimiento en las transacciones realizadas a través de cajeros automáticos (ATM), en comparación con el mismo periodo del año anterior, se ha registrado un incremento significativo del 72% en el número total de transacciones, lo que indica una mayor actividad y uso de los servicios de los cajeros automáticos.

MES	N° TRANSACCION	MONTO
jun-23	26.332	1.686.366,69
jul-23	27.708	1.776.010,30
ago-23	28.029	1.839.480,18
sep-23	26.987	1.739.440,34
oct-23	28.126	1.793.414,56
nov-23	27.460	1.768.109,98
dic-23	31.732	2.133.707,04

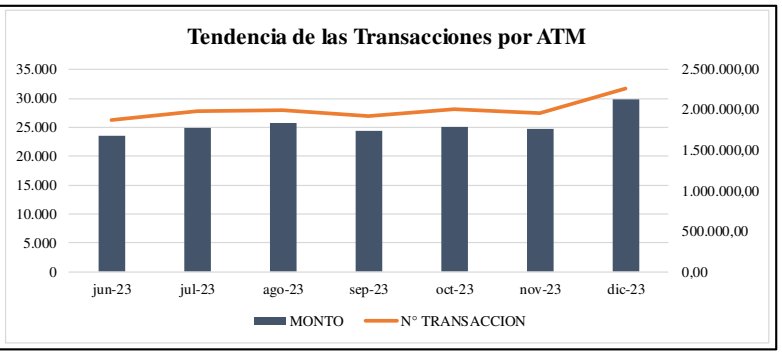


Figura 1. Tendencia de las transacciones por ATM.

En términos de montos transaccionados, también se ha observado un aumento notable del 64%, lo que refleja un incremento en la cantidad de dinero movilizado a través de estas transacciones, este crecimiento tanto en el número de transacciones como en el monto transaccionado sugiere una mayor confianza y utilización de los servicios financieros proporcionados por los cajeros automáticos durante el período mencionado.

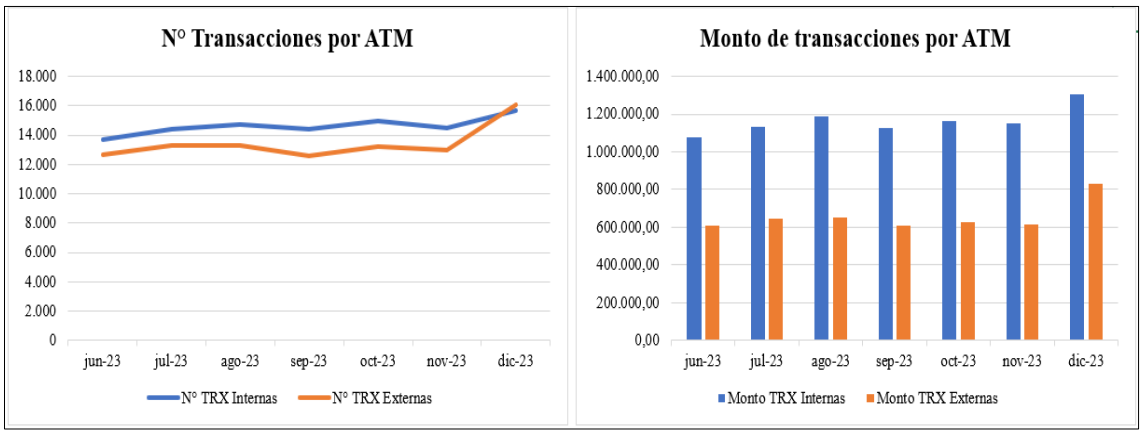


Figura 2. Número de montos y transacciones por ATM.

Destacan los socios de la COAC Fernando Daquilema como los principales protagonistas en cuanto a cantidad y valor de transacciones. Esta predominancia se refleja especialmente en los montos de las transacciones, donde las operaciones internas superan notablemente a las externas, casi duplicándolas en términos de valor. Este fenómeno subraya la importancia y la activa participación de los miembros de esta cooperativa en su propia red de transacciones, destacando su compromiso y confianza en la entidad.

Además, se evidencia que el mayor número y monto de transacciones realizadas a través de cajeros automáticos (ATM) se concentran en la agencia Matriz, este ATM registra la mayor actividad en términos tanto de cantidad como de valor de transacciones, lo que sugiere una alta demanda y uso por parte de los usuarios. En segundo lugar, en cuanto a actividad se encuentra el ATM ubicado en la agencia Condamine, que también experimenta un flujo significativo de transacciones, aunque en menor medida que el ATM de la agencia Matriz, este dato indica una distribución equitativa de la demanda entre distintos puntos de acceso a los servicios financieros ofrecidos por la institución. En el tercer lugar en términos de actividad se encuentra el ATM situado en la agencia Guamote, aunque registra una cantidad y monto de transacciones inferiores en comparación con los dos primeros mencionados, sigue siendo una fuente importante de servicios financieros para los usuarios de esa área específica.

3.2 Implemntación del método multicriterio neutrosófico

Una vez presentado el caso de estudio, se realiza la implementación del método neutrosófico descrito en esta investigación:

Actividad 1: Identificación los criterios evaluativos

Para llevar a cabo la evaluación neutrosófica de las tendencias en transacciones y montos generados por los cajeros automáticos (ATM) de la COAC, se conformó un panel de expertos multidisciplinario, cuidadosamente seleccionado para garantizar una evaluación integral y objetiva. El panel estuvo compuesto por cinco profesionales con las siguientes características generales: todos poseían más de 10 años de experiencia en el sector financiero y un profundo conocimiento del mercado cooperativista ecuatoriano. Se incluyeron en el panel un analista financiero especializado en tendencias del mercado, un gerente de operaciones con experiencia en la gestión de redes de cajeros automáticos, un experto en análisis de datos y modelado estadístico, un especialista en gestión de riesgos financieros y un consultor con experiencia en la implementación de metodologías multicriterio para la toma de decisiones. Los criterios de inclusión para la selección de los expertos fueron los siguientes:

- Experiencia relevante: Se requería un mínimo de 10 años de experiencia en el sector financiero, preferiblemente en áreas relacionadas con la gestión de cajeros automáticos, análisis financiero o gestión de riesgos.
- Conocimiento del mercado cooperativista: Se valoró el conocimiento del modelo de negocio de las cooperativas de ahorro y crédito, así como de las particularidades del mercado ecuatoriano.
- Habilidades analíticas: Se buscaban profesionales con sólidas habilidades analíticas y capacidad para interpretar datos financieros y estadísticos.
- Objetividad e imparcialidad: Se seleccionaron expertos con una reputación de objetividad e imparcialidad en sus análisis y evaluaciones.
- Disponibilidad: Se requería la disponibilidad de los expertos para participar activamente en el proceso de evaluación, incluyendo reuniones, análisis de datos y elaboración de informes.

Una vez conformado el panel de expertos, se definieron los siguientes criterios evaluativos para analizar las tendencias en transacciones y montos generados por los ATM´S de la COAC Fernando Daquilema, tal como muestra la tabla 1:

Tabla 1: Criterios evaluativos para evaluar las tendencias en transacciones y montos generados en el caso objeto de estudio.

No	Criterios	Descripción
C_1	Crecimiento de transacciones	Se midió el porcentaje de cambio en el número total de transacciones realizadas a través de los cajeros automáticos durante el período analizado. Este criterio permitió evaluar la adopción y el uso de los cajeros automáticos por parte de los socios y clientes de la cooperativa.
C_2	Monto promedio por transacción	Se calculó dividiendo el monto total transaccionado a través de los cajeros automáticos entre el número total de transacciones. Este criterio proporcionó información sobre el valor promedio de cada transacción y la preferencia de los usuarios por realizar transacciones de mayor o menor valor en los cajeros automáticos.
C_3	Concentración de transacciones por ubicación	Se analizó la distribución de las transacciones entre las diferentes agencias de la cooperativa que cuentan con cajeros automáticos. Este criterio permitió identificar las ubicaciones con mayor demanda y evaluar la necesidad de optimizar la distribución de los cajeros automáticos.
C_4	Tasa de crecimiento de usuarios	Se midió el porcentaje de cambio en el número de usuarios únicos que realizaron transacciones a través de los cajeros automáticos durante el período analizado. Este criterio permitió evaluar la capacidad de la cooperativa para atraer nuevos usuarios a sus servicios de cajeros automáticos y fidelizar a los existentes.

C_5	Impacto en la rentabilidad	Se evaluó la contribución de los cajeros automáticos a la rentabilidad general de la cooperativa. Se consideraron factores como los ingresos generados por las comisiones de transacción, los costos de operación y mantenimiento de los cajeros automáticos y el impacto en la satisfacción del cliente.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios

La actividad emplea un enfoque multiexperto para la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios evaluativos. La actividad representa la base para el procesamiento de las inferencias. La tabla 2 muestra el resultado de los vectores de pesos atribuidos a los criterios.

Tabla 2: Pesos asociados a los criterios para evaluar las tendencias en transacciones y montos generados en el caso objeto de estudio..

Criterios evaluativos	Pesos neutrosófico asociados
C_1	(0.70,0.25,0.30)
C_2	(1,0,0)
C_3	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	(0.70,0.25,0.30)
C_5	(0.8,0,15,0.20)

Actividad 3: Evaluación de los criterios

Para obtener los resultados a partir del método propuesto se hace uso de la Neutrosofía y en particular de la escala lingüística, S, $vk_j \in S$, donde; $S=\{s1,\ldots,s_g\}$, es el conjunto de término lingüísticos definidos para evaluar las características *ck* utilizando los números Neutrosóficos de Valor Único (SVN), para el análisis de los términos lingüísticos resultantes. La escala de términos lingüísticos a utilizar se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Escala de términos lingüísticos.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente alto (EA)	(1,0,0)
Muy muy alto (MMA)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy alto (MA)	(0.8,0,15,0.20)
Alto (A)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente alto (MDA)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente bajo (MDB)	(0.40,0.65,0.60)
Bajo (MB)	(0.30,0.75,0.70)
Muy bajo (MB)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy bajo (MMB)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente bajo (EB)	(0,1,1)

Basado en los resultados obtenidos, se utiliza la Neutrosofía para realizar la evaluación multicriterio neutrosófica sobre las tendencias en transacciones y montos generados en ATM´S por la COAC Fernando Daquilema. El análisis se realiza a partir de la escala de términos lingüísticos y los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Tabla para evaluar el raquitismo canino en el caso objeto de estudio.

Criterios evaluativos	Etiqueta lingüística	Valor neutrosófico
C_1	Medianamente alto (MDA)	(0.60,0.35,0.40)
C_2	Alto (A)	(0.70,0.25,0.30)
C_3	Muy muy alto (MMA)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	Muy alto (MA)	(0.8,0,15,0.20)
C_5	Muy muy alto (MMA)	(0.9, 0.1, 0.1)

A partir de la Ponderación Lineal Neutrosófica propuesta para el método, se realiza el cálculo para la evaluación de tendencias en el caso objeto de estudio. La tabla 5 nuestra los datos y el resultado del procesamiento a partir del cálculo de la ecuación 3.

Tabla 5: Resultados del procesamiento.

Criterios evaluativos	Valor neutrosófico de preferencia	Vector de peso neutrosófico	Cálculo
C_1	(0.70,0.25,0.30)	(0.70,0.25,0.30)	(0.70,0.25,0.30)
C_2	(0.9, 0.1, 0.1)	(1,0,0)	(0.95, 0.1, 0.1)
C_3	(0.70,0.25,0.30)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.8,0.15,0.15)
C_4	(0.8,0,15,0.20)	(0.70,0.25,0.30)	(0.75,0.25,0.30)
C_5	(0.50,0.50,0.50)	(0.8,0,15,0.20)	(0.65,0.25,0.30)
Inferencia			(0.77, 0.1, 0.1)

A partir de la inferencia obtenida se concluye que la evaluación multicriterio neutrosófica sobre las tendencias en transacciones y montos generados en ATM´S por la COAC Fernando Daquilema, se encuentra valorada para el caso objeto de estudio como alto, con un índice de 0.77.

Los resultados arrojados por el método neutrosófico indican que, en general, las tendencias observadas en el uso de los cajeros automáticos de la COAC son favorables y positivas para la institución. El índice de 0.77 refuerza esta interpretación, sugiriendo que la cooperativa está obteniendo un buen rendimiento de su inversión en esta infraestructura tecnológica. Este valor, cercano a 1, implica que la evaluación, considerando la incertidumbre inherente a los datos, se inclina fuertemente hacia un juicio positivo.

Este resultado se alinea con la información previamente proporcionada sobre el crecimiento significativo en el número de transacciones (72%) y en los montos transaccionados (64%) durante el segundo semestre de 2023. Estos datos reflejan una mayor adopción y confianza en los cajeros automáticos por parte de los socios y clientes de la cooperativa. Adicionalmente, el hecho de que las operaciones internas (realizadas por los socios de la COAC) superen notablemente a las externas, indica un alto nivel de fidelización y compromiso por parte de los miembros de la cooperativa.

La concentración de la actividad en la agencia Matriz, aunque positiva en términos de volumen, también sugiere la necesidad de explorar estrategias para promover el uso de los cajeros automáticos en otras ubicaciones, como las agencias Condamine y Guamote. Sin embargo, el resultado general indica que la distribución actual de los cajeros automáticos está satisfaciendo las necesidades de los usuarios de manera eficiente.

La evaluación multicriterio neutrosófica confirma que la COAC Fernando Daquilema está aprovechando de manera efectiva su red de cajeros automáticos, generando valor tanto para la institución como para sus socios y clientes. Sin embargo, es importante seguir monitoreando las tendencias, adaptándose a las nuevas tecnologías y preferencias de los usuarios, y buscando oportunidades para optimizar la distribución y el uso de los cajeros automáticos en todas las ubicaciones de la cooperativa.

4 Discusión

La evolución de los cajeros automáticos ha generado un debate sustancial en la comunidad académica y financiera, abarcando tanto las ventajas como las problemáticas inherentes a esta tendencia. En un mundo crecientemente digitalizado, los cajeros automáticos se posicionan como un elemento fundamental de la transformación del sector financiero, proporcionando una amplia gama de servicios que van más allá de la simple dispensación de efectivo.

El estudio de [20] sobre la expansión de los servicios financieros resalta cómo los cajeros automáticos han democratizado el acceso al efectivo, minimizando las barreras geográficas y temporales para las transacciones monetarias. Esta democratización ha sido especialmente relevante para individuos en áreas rurales o de difícil acceso, así como para aquellos excluidos de los servicios bancarios tradicionales debido a su situación económica o social.

Sin embargo, en [21] se han planteado preocupaciones sobre el impacto social y económico de la proliferación de los cajeros automáticos. Si bien estos dispositivos ofrecen conveniencia y accesibilidad, también pueden contribuir a la exclusión financiera en comunidades marginadas, ya que la disminución de sucursales bancarias físicas puede privar a los residentes de acceso a servicios financieros esenciales, exacerbando las disparidades económicas y sociales.

La tecnología emergente también ha sido un tema central en este debate. Una investigación de [22], sobre la evolución de la tecnología bancaria destaca cómo la inteligencia artificial y la biometría están transformando la experiencia del usuario y mejorando la seguridad en los cajeros automáticos. Estas innovaciones no solo aumentan

la seguridad de las transacciones, sino que también abren nuevas vías para la personalización de servicios financieros y la optimización de la gestión de efectivo por parte de las instituciones bancarias.

La tendencia de los cajeros automáticos plantea desafíos y oportunidades únicas en el panorama financiero global. Si bien ofrecen beneficios innegables en términos de conveniencia y eficiencia, es crucial abordar las preocupaciones relacionadas con la exclusión financiera, el impacto en el empleo y la seguridad de los datos. Al mismo tiempo, la continua innovación en tecnología financiera presenta la oportunidad de mejorar aún más la accesibilidad y la seguridad de los servicios financieros para una amplia gama de usuarios. En este contexto, el presente estudio a través del método neutrosófico, evidencia una preferencia de los socios por realizar transacciones dentro de la misma COAC, lo que podría indicar políticas de incentivos, tasas preferenciales o la confianza depositada en su propia red.

El uso de los cajeros automáticos puede contribuir significativamente a mejorar el acceso a servicios financieros en áreas remotas o desatendidas, facilitando así la inclusión de segmentos de la población que tradicionalmente han estado excluidos del sistema bancario. No obstante, investigaciones más recientes [23], sugieren que la concentración de cajeros automáticos en áreas urbanas privilegiadas podría profundizar las desigualdades económicas, dejando atrás a comunidades rurales o de bajos recursos, enfatizando la importancia de políticas públicas que garanticen una distribución equitativa de estos servicios.

5 Conclusión

La evaluación multicriterio neutrosófica aplicada a las tendencias en transacciones y montos generados en los cajeros automáticos (ATM) de la COAC Fernando Daquilema, arrojó un resultado global alto, con un índice de 0.76. Este valor sugiere que, en general, la cooperativa está obteniendo un rendimiento favorable de su red de cajeros automáticos, reflejando una gestión eficaz y una aceptación positiva por parte de sus socios.

Este hallazgo se sustenta en el crecimiento significativo observado en el uso de los cajeros automáticos durante el segundo semestre de 2023, lo que confirma que estos dispositivos continúan siendo un componente clave de las operaciones financieras para los socios de la COAC Fernando Daquilema. El notable incremento en el uso de cajeros automáticos indica una mayor confianza y comodidad de los socios al utilizar estas instalaciones para sus necesidades financieras. Este crecimiento significativo puede atribuirse a la mejora en la red de cajeros automáticos, su accesibilidad y su ubicación en sitios estratégicos, lo cual sugiere una mayor adopción de la banca digital o cambios en los hábitos financieros de los clientes.

El predominio de las transacciones internas, cuyo monto casi duplica al de las transacciones externas, sugiere una preferencia por las operaciones dentro de la propia institución, lo que podría estar vinculado a factores como costos más bajos, mayores beneficios para los socios o confianza en la seguridad y fiabilidad del sistema interno. Estos resultados tienen mucha importancia para la planificación estratégica y operativa de la cooperativa, así como para la revisión de la capacidad y el rendimiento de la infraestructura existente.

Si bien el presente estudio evidencia un panorama positivo, la variación en el uso de los cajeros automáticos entre las diferentes agencias de la COAC Fernando Daquilema, señala la oportunidad de ajustar estrategias y mejorar la experiencia del cliente, así como de considerar la introducción de nuevos cajeros automáticos para satisfacer la demanda creciente de los socios y clientes en ubicaciones específicas. Además, las diferencias entre transacciones internas y externas podrían guiar futuras estrategias de marketing y fidelización de clientes, buscando fortalecer aún más la relación con los socios y promover el uso de los cajeros automáticos como un canal preferente para sus operaciones financieras.

Referencias

[1] H. Larrain, L. C. Coelho, and A. Cataldo, "A variable MIP neighborhood descent algorithm for managing inventory and distribution of cash in automated teller machines," *Computers & Operations Research,* vol. 85, pp. 22-31, 2017.

[2] C. I. Venezuela, "Integracion de estrategias definidas en las empresas de tecnologias financieras en Venezuela. Una mirada multifactorial apoyada en el enfoque de contingencias," *Revista de estudios gerenciales y de las organizaciones,* vol. 7, no. 14, pp. 255-276, 2023.

[3] A. L. Hernández Pineda, and A. Aali-Bujari, "¿ Impulsan la actividad económica en América Latina el número de sucursales bancarias y cajeros automáticos?," *Revista mexicana de economía y finanzas,* vol. 17, no. 1, 2022.

[4] A. L. Hernández Pineda, "Acceso a los servicios financieros como indicador del desarrollo financiero en el establecimiento de políticas públicas para el crecimiento económico de América Latina," 2022.

[5] P. Cotler, "La inclusión financiera en América Latina," *La inclusión financiera de pequeños productores rurales*, 2017.

[6] Y. Valles, "Cajeros automáticos en México: análisis para el crecimiento de la red," *Estudios Económicos CNBV,* vol. 3, pp. 119-140, 2015.

[7] M. G. Balla Yumisaca, "Análisis de tendencia en transacciones y montos generados por las ATM´S caso: COAC Fernando Daquilema," 2024.

[8] A. M. Morales Noriega, "El sistema cooperativo de ahorro y crédito del Ecuador a través de la historia," *Observatorio de la economía Latinoamericana*, no. julio, 2018.

[9] F. J. Quintana Gutiérrez, "Integración entre la Red Transaccional Cooperativa (RTC) SA COONECTA y la Red Interbancaria del Ecuador, BANRED en el servicio de cajeros automáticos para las instituciones de la RED COONECTA," Quito: Universidad Del Pacífico, 2016.

[10] D. A. Flores Cabral, and P. I. González Ramírez, "Compatibilidad en redes de cajeros automáticos: un enfoque basado en agentes," *EconoQuantum,* vol. 18, no. 1, pp. 45-74, 2021.

[11] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[12] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[13] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[14] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, "Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference)," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

[15] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[16] B. B. Fonseca, K. M. Kelly, and W. S. Grass, "Sistema informático para la gestión de reportes de incidencias de mantenimiento en la Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 12, no. 6, pp. 40-54, 2019.

[17] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[18] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[19] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[20] R. U. Attah, B. M. P. Garba, I. Gil-Ozoudeh, and O. Iwuanyanwu, "Corporate banking strategies and financial services innovation: conceptual analysis for driving corporate growth and market expansion," *Int J Eng Res Dev,* vol. 20, no. 11, pp. 1339-49, 2024.

[21] C. Castaño García, "Tendencias Y Desafíos De Servicio Al Cliente En El Sector Financiero Colombiano," 2023.

[22] P. J. Cuadros-Solas, "La nueva tecnología bancaria: aplicaciones, adopción e impacto en banca," *Papeles de economía española*, no. 162, pp. 126-175, 2019.

[23] J. L. R. Ugarte, A. S. Martín, and C. M. Rodríguez, *Alternativas a la evolución de la operativa bancaria mayorista en el Eurosistema*: Banco de España, 2023.

[24] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[25] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[26] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[27] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[28] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[29] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[30] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 27, 2025. Aceptado: marzo 17, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Evaluación neutrosófica del conocimiento ancestral sobre el uso de las plantas medicinales en la comunidad indígena Salasaka, Ecuador

Neutrosophic evaluation of ancestral knowledge on the use of medicinal plants in the Salasaka indigenous community, Ecuador

Abdel Bermúdez-del Sol [1], Karen Aracelly Tobar Armendáriz [2], Luis Ramón Bravo Sánchez [3], and Alexis Santiago Sisalema Peñafiel [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.abdelbermudez@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.karentobar@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. bravosanchez66@yahoo.es
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ma.alexisssp63@uniandes.edu.ec

Resumen. Desde tiempos inmemoriales, las plantas han constituido un recurso vital en el tratamiento y prevención de enfermedades. Con el objetivo de desarrollar una evaluación neutrosófica del conocimiento ancestral sobre el uso de las plantas medicinales en la comunidad indígena Salasaka, Ecuador. Esta investigación busca recopilar dicho conocimiento como contribución a su preservación y perdurabilidad. Se realizó un estudio etnobotánico, observacional, descriptivo y de corte transversal en la comunidad Salasaka. El estudio destaca la importancia de los métodos tradicionales en la resolución de problemas de salud, mostrando cómo los conocimientos ancestrales transmitidos a través de generaciones siguen siendo relevantes. La compilación del saber popular sobre el uso de plantas medicinales en esta comunidad no solo documenta prácticas tradicionales, sino que también sienta las bases para un análisis más profundo utilizando la lógica neutrosófica. Este enfoque permitirá una evaluación más precisa y completa, considerando la incertidumbre y la vaguedad inherentes al conocimiento ancestral, con el fin último de valorizar y preservar este patrimonio cultural para las futuras generaciones.

Palabras Claves: método neutrosófica, medicina tradicional, estudio etnobotánico, plantas medicinales

Abstract. Since time immemorial, plants have been a vital resource in the treatment and prevention of diseases. The aim of this study was to develop a neutrosophic assessment of the ancestral knowledge on the use of medicinal plants in the Salasaka indigenous community, Ecuador. This research seeks to compile this knowledge as a contribution to its preservation and durability. An ethnobotanical, observational, descriptive and cross-sectional study was carried out in the Salasaka community. The study highlights the importance of traditional methods in solving health problems, showing how ancestral knowledge transmitted through generations remains relevant. The compilation of popular knowledge on the use of medicinal plants in this community not only documents traditional practices, but also lays the foundation for a deeper analysis using neutrosophic logic. This approach will allow for a more accurate and complete assessment, considering the uncertainty and vagueness inherent in ancestral knowledge, with the ultimate goal of valorizing and preserving this cultural heritage for future generations.

Keywords: neutrosophic method, traditional medicine, ethnobotanical study, medicinal plants

1 Introducción

Desde la antigüedad las plantas constituyen un recurso vital utilizado de forma tradicional, en el tratamiento y prevención de enfermedades en la población. Se entiende como medicina tradicional al conjunto de conocimientos, aptitudes y prácticas basadas en teorías, experiencias y creencias indígenas de las diferentes culturas y poblaciones, sean explicables o no, que se utilizan para el cuidado de la salud, así como para la prevención y el diagnóstico, con el fin de mejorar las enfermedades físicas o mentales. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en la actualidad, entre el 65% y el 80% de la población de los países en desarrollo utiliza plantas medicinales como remedios [1, 2].

Debido a la gran diversidad de plantas medicinales disponibles en Ecuador, estas constituyen un elevado potencial en la medicina tradicional, ya que preservan las prácticas ancestrales en la curación de enfermedades. En

algunas poblaciones aún existen los chamanes, quienes diagnostican y curan con el uso de palabras, movimientos, animales, objetos representativos del mundo espiritual y un gran número de plantas de diferentes especies [3].

En la mayoría de las poblaciones rurales el acceso a los medicamentos sintéticos producidos por la industria farmacéutica se torna restringido por múltiples razones, ya sea por la lejanía a las farmacias y las dificultades de transporte para llegar a ellas, los altos costos, los aspectos culturales, el difícil acceso a centros de salud, entre otros, por lo que se opta por la medicina herbaria que está a su alcance [4].

Tanto en la región Andina como en la Amazonía ecuatoriana existe una elevada diversidad de plantas, las que son investigadas por sus usos con fines curativos en las comunidades indígenas; se reporta que las hojas de las plantas preparadas en infusión y administradas por vía oral, es la manera de uso más común, fundamentalmente empleada para afecciones digestivas, inflamaciones, afecciones de la piel y enfermedades respiratorias, generalmente sin efectos adversos graves, pero con precauciones en embarazo, lactancia, estados etílicos, alergias, entre otros, descrito por diferentes investigadores [5]. Esta es la razón por la que se realizan estudios que tratan de retomar la información ancestral sobre la aplicación de las plantas medicinales, así como conocer sus compuestos activos para acreditar su aplicación [6].

En Ecuador la Constitución de la República establece el respeto a la medicina tradicional, sus procedimientos y técnicas, lo cual está presente además en la Ley Orgánica de Salud. Departamentos como la Dirección Nacional de Salud Intercultural se encargan de formular y coordinar la implementación de políticas, planes, programas y herramientas en temas de salud intercultural [7].

El origen de Salasaka es muy remoto, no se determina cuándo nació esta cultura cuyas raíces están profundamente hincadas en los pueblos aimaras del territorio actualmente boliviano, los cuales recorrieron un largo camino hasta asentarse en las llanuras arenosas de Pelileo donde permanecen por más de quinientos años. Sus prácticas medicinales y ancestrales, basadas en saberes de curanderos, herboristeros y fitoterapistas, se transmiten entre generaciones, como las propiedades curativas que tienen diferentes plantas que crecen silvestres en sus campos: paico, sábila, matico, ñachag, entre otras [8].

Los adultos mayores son los que tienen el conocimiento empírico de la utilización de diversas plantas, los jóvenes muestran tendencia al desplazamiento a las grandes ciudades y disminuyen las prácticas y saberes, por eso la importancia de investigar el tema con el fin de que constituya un aporte al conocimiento, conservación y valoración de las plantas medicinales, es por ello que esta investigación tiene como objetivo desarrollar una Evaluación neutrosófica del conocimiento ancestral sobre el uso de las plantas medicinales en la comunidad indígena Salasaka, provincia de Tungurahua, Ecuador, como contribución a su preservación y perdurabilidad.

1.2 Preliminares

El uso de plantas medicinales tiene raíces profundas en la historia humana, y su conocimiento se transmite a través de generaciones. En la comunidad de Salasaka, estas plantas continúan desempeñando un papel crucial en la cultura médica local. Los conocimientos y técnicas terapéuticas tradicionales permanecen vigentes, como lo demuestra la predominancia de la información recopilada en la presente investigación.

Se identifican un total 109 plantas con propiedades medicinales pertenecientes a 55 familias. Las familias más citadas fueron: Asteráceas, Lamiaceae, Amaranthaceae y Fabaceas. En la comunidad se evidencia un uso significativo de diversas especies de plantas medicinales. Entre las más comunes destacan la manzanilla, sábila, ortiga, toronjil, orégano, matico, ruda, menta, cedrón o hierba luisa, limón, taxo, llantén, borraja, paico, eucalipto, tilo y alfalfa, reflejando una rica tradición herbolaria arraigada en la vida cotidiana de sus habitantes.

El análisis de las enfermedades tratadas con plantas medicinales revela que la mayoría de las afecciones abordadas se relacionan con el sistema gastrointestinal, destacando su importancia en el manejo de dolencias digestivas. Las propiedades antiinfecciosas, analgésicas y antiinflamatorias de estas plantas también son ampliamente aprovechadas, seguidas por su uso en el tratamiento de problemas dermatológicos y genito-urinarios. Además, se observa un uso relevante en afecciones del sistema nervioso y respiratorio, así como en problemas hematopoyéticos y endocrinometabólicos, aunque en menor proporción. En contraparte, el uso en enfermedades cardiovasculares es mínimo.

El acceso a las plantas medicinales es facilitado por el hecho de que la gran mayoría de las personas en la comunidad las cultivan en sus propios hogares. Los habitantes confían en la efectividad de estas plantas, ya que la totalidad de los informantes reportan una mejoría considerable en sus dolencias tras su uso. La seguridad percibida en la aplicación de estas plantas es alta, con una gran mayoría que manifiesta no experimentar efectos adversos. Si bien un pequeño porcentaje reporta efectos leves, la seguridad general y el conocimiento de contraindicaciones específicas, como el uso de la ruda durante el embarazo, resaltan la sabiduría tradicional y el uso responsable de estos recursos naturales en la comunidad Salasaka.

A pesar de la rica diversidad de las plantas medicinales en la comunidad Salasaka, la erosión del conocimiento ancestral en torno al uso de plantas medicinales representa una amenaza significativa para la herencia biocultural de comunidades. La transmisión intergeneracional deficiente no solo conlleva la pérdida de un valioso acervo de saberes tradicionales, sino que también impacta negativamente la autonomía de las comunidades en el manejo de

su salud y recursos naturales. La desaparición de este conocimiento implica la homogeneización de prácticas de salud, dejando a las comunidades vulnerables a sistemas de salud externos que pueden no ser culturalmente apropiados ni accesibles [9].

Entre los principales desafíos que dificultan la perdurabilidad del conocimiento ancestral, se encuentran la globalización, la migración de jóvenes hacia centros urbanos en busca de oportunidades educativas y laborales, y la creciente influencia de la medicina alopática, a menudo percibida como más moderna y eficaz. Estos factores combinados erosionan la confianza en los sistemas de salud tradicionales y desincentivan la transmisión de conocimientos de los mayores a las nuevas generaciones. Asimismo, la falta de documentación sistemática y la ausencia de reconocimiento formal de estos saberes dentro de los sistemas educativos contribuyen a su progresivo olvido [10].

Las amenazas a la integridad del conocimiento ancestral se materializan en la pérdida de biodiversidad, la degradación de ecosistemas clave para la obtención de plantas medicinales, y la biopiratería, que consiste en la apropiación indebida de conocimientos tradicionales por parte de empresas e instituciones externas, sin el consentimiento ni la compensación justa a las comunidades. Estos procesos minan la capacidad de las comunidades para mantener sus prácticas ancestrales y socavan su soberanía sobre sus recursos y saberes [11].

Para contrarrestar esta tendencia, es imperativo implementar estrategias que promuevan la conservación y revitalización del conocimiento ancestral. Entre las buenas prácticas se incluyen la documentación exhaustiva de los conocimientos a través de la escritura, la creación de herbolarios comunitarios, y el diseño de programas educativos interculturales que integren el saber tradicional en los currículos escolares. Asimismo, es fundamental promover el diálogo intergeneracional, el fortalecimiento de las organizaciones comunitarias, y el reconocimiento legal de los derechos de las comunidades sobre sus conocimientos y recursos. La capacitación de jóvenes como promotores de salud tradicional y la creación de espacios de intercambio de conocimientos entre comunidades son acciones clave para asegurar la continuidad y el fortalecimiento de este valioso patrimonio cultural.

A partir de la información recopilada, se cuenta con los datos necesarios para realizar la Evaluación neutrosófica del conocimiento ancestral sobre el uso de las plantas medicinales en la comunidad indígena Salasaka.

2 Método para la evaluación del conocimiento ancestral sobre el uso de las plantas medicinales en Salasaka

La presente sección describe el funcionamiento del método neutrosófico multicriterio para la evaluación del conocimiento ancestral sobre el uso de las plantas medicinales en la comunidad indígena Salasaka, Ecuador. El método basa su funcionamiento a partir de la lógica neutrosófica para representar la incertidumbre mediante la utilización de operadores para la agregación de información.

El método propuesto está diseñado para realizar una evaluación neutrosófica sobre el uso de las plantas medicinales en la comunidad indígena Salasaka. Emplea un enfoque multicriterio multiexperto donde, a partir de indicadores evaluativos, se define la base sobre la cual se realiza la inferencia. Posee una etapa de procesamiento que realiza el análisis matemático de la solución y por último se generan las evaluaciones sobre el conocimiento ancestral actual de estas comunidades, como parámetro de salida del método.

El método para la evaluación neutrosófica está formado por cuatro actividades básicas: (1) definición de los indicadores evaluativos; (2) determinación de los pesos asociados a los indicadores; (3) agregación de las informaciones; y (4) generación de las evaluaciones, tal como se muestra en la figura 1:

Figura 1. Método para la evaluación neutrosófica del conocimiento ancestral sobre el uso de las plantas medicinales en la comunidad indígena Salasaka, Ecuador.

Actividad 1 definición de los indicadores evaluativos

La actividad de determinación de los indicadores evaluativos, utiliza un enfoque multicriterio multiexperto. Consiste en obtener los indicadores para la evaluación neutrosófica del conocimiento ancestral sobre el uso de las plantas medicinales en la comunidad indígena Salasaka, a partir de la opinión de expertos que intervienen en el proceso.

Actividad 2 determinación de los pesos asociados a los indicadores

A partir de los indicadores obtenidos en la actividad anterior, se procede a realizar la valoración de estos para determinar los pesos asociados a cada vector. Se emplea el conocimiento de los expertos en el proceso como parte del desarrollo de la actividad propuesta.

Actividad 3 agregación de las informaciones:

La agregación de información es la actividad más importante del método, representa un mecanismo utilizado en los sistemas de apoyo a la toma de decisiones, para la evaluación o decisión. Consiste en la transformación de un conjunto de datos (conjunto difuso) en un único elemento [12-14].

Definición 1: Operador T-norma. Un operador T: $[0,1] * [0,1] \rightarrow [0,1]$ es un operador T-norma si cumple las siguientes propiedades:

1. Conmutativa $\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{y}) = \mathrm{T}(\mathrm{y},\mathrm{x})$.
2. Asociativa $\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{T}(\mathrm{y},\mathrm{z}) = \mathrm{T}(\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{y}),Z)$.
3. Monótono creciente $\mathrm{T}(\mathrm{x},\mathrm{y}) > T(x,y)$ si $x \geq \mathrm{x}' \cap \mathrm{y} \geq \mathrm{y}'$.
4. Elemento neutro $\mathrm{T}(\mathrm{x},1) = \mathrm{x}$.

Los operadores de agregación de información Suma Ponderada Ordenada (OWA) permiten la agregación de información de acuerdo a parámetros predefinidos, obteniéndose un valor representativo. Un decisor puede agregar la información en función del grado de optimismo o pesimismo deseado, [15], [16],[17] , [18] .

Definición 2: Operador OWA. Una función $F: R^n \rightarrow \mathrm{R}$, es un operador OWA de dimensión n si tiene un vector asociado W de dimensión n tal que sus componentes satisfagan [19], [20], [21] :

1) $\mathrm{W_j} \in [0,1]$,
2) $\sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{W_j} = 1$, y
3) $\mathrm{F}(\mathrm{a}_1, \mathrm{a}_2, , , \mathrm{a}_\mathrm{n}) = \sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{W_j b_j}$

Donde $\mathrm{b_j}$ es el J-ésimo más grande de los $\mathrm{a_j}$.

Se puede expresar el operador agregación mediante una notación vectorial tal como se representa en la ecuación 1:

$$\mathrm{F}(\mathrm{a}_1, \mathrm{a}_2 .. \mathrm{a}_\mathrm{n}) = \mathrm{W^t B} \tag{1}$$

Donde:

W: es el vector OWA de peso asociado con la agregación.

B: es el vector agregado ordenado, donde el j-ésimo más grande componente de B es b_j siendo este el j-ésimo más grande de los a_i.

Los números neutrosóficos se pueden expresar en la lógica neutrosófica como se muestra en [22, 23]:

Sean:

$N = \{(T,I,F) : T,I,F \subseteq [0,1]\}n$,

Un valor neutrosófico es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , a partir de cada sentencia p se tiene [24], [25],[26] , [27], :

$$v\,(p) = (T,I,F) \tag{2}$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un operador OWA Neutrosófico como una 2-tupla (W,B) tal como representa la ecuación 3.

$$\mathrm{F}(\mathrm{a}_1, \mathrm{a}_2 .. \mathrm{a}_\mathrm{n}) = \mathrm{W_{(T,I,F)}}^{\mathrm{t}} \mathrm{B_{(T,I,F)}} \tag{3}$$

Donde:

W: es el vector OWA de peso asociado con la agregación que posee un espacio de verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

B: es el vector agregado ordenado, donde el j-ésimo más grande componente de B es b_j siendo este el j-ésimo más grande de los a_i, que posee un espacio de verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F) [28-30]

El método propuesto basa el proceso de agregación mediante el operador OWA para números neutrosóficos [31-34].

Actividad 4 generación de las evaluaciones:

Una vez agregada la información, se obtiene como resultado las evaluaciones derivadas del proceso. Representan las informaciones la salida del método que determina la evaluación del conocimiento ancestral sobre el uso de las plantas medicinales en la comunidad indígena Salasaka, Ecuador.

3 Implementación del método para la evaluación del conocimiento ancestral sobre el uso de las plantas medicinales en Salasaka

La presente sección describe una ejemplificación de los resultados, en el cual es posible aplicar el método propuesto. El estudio se realiza para la evaluación neutrosófica del conocimiento ancestral sobre el uso de las plantas medicinales en Salasaka. El ejemplo presenta los elementos fundamentales sintetizados para facilitar la comprensión de los lectores.

Actividad 1: definición de los indicadores evaluativos.

Para llevar a cabo la Evaluación Neutrosófica del conocimiento ancestral sobre el uso de las plantas medicinales en la comunidad indígena Salasaka, se conformó un panel de expertos cuyas características y competencias abarcan tanto el conocimiento científico como el tradicional. En términos generales, este panel posee una sólida comprensión de la etnobotánica, la medicina tradicional indígena, la farmacología de plantas medicinales, y la metodología de investigación cualitativa y cuantitativa. Además, los expertos demuestran sensibilidad cultural, capacidad de comunicación efectiva con miembros de la comunidad Salasaka, y un compromiso ético con la preservación del conocimiento ancestral.

Las especializaciones del panel incluyen expertos en botánica con experiencia en la identificación y clasificación de plantas medicinales de la región andina; médicos o profesionales de la salud con conocimientos sobre el uso de plantas medicinales en el tratamiento de diversas enfermedades; antropólogos o sociólogos con experiencia en el estudio de culturas indígenas y sus sistemas de conocimiento; y miembros destacados de la comunidad Salasaka con un profundo conocimiento de las plantas medicinales y sus usos tradicionales. Esta combinación de perfiles permite una evaluación integral y equilibrada, que considera tanto la validez científica como la relevancia cultural del conocimiento ancestral.

Durante el proceso de obtención de información para la definición de los indicadores evaluativos, se obtuvo como resultado un total de 5 indicadores. La Tabla 1 muestra los criterios obtenidos.

Tabla 1: Indicadores evaluativos del conocimiento ancestral sobre el uso de las plantas medicinales en la comunidad indígena Salasaka.

ID	Indicador	Descripción
C_1	Precisión del conocimiento	Evalúa la exactitud de la información proporcionada por la comunidad en relación con la identificación de las plantas medicinales, sus usos tradicionales, y las dosis adecuadas para el tratamiento de diferentes enfermedades. Se considerarán tanto la consistencia interna del conocimiento transmitido dentro de la comunidad, como la validez científica de las propiedades medicinales atribuidas a las plantas, según la literatura científica disponible.
C_2	Profundidad del conocimiento	Mide el nivel de detalle y la riqueza del conocimiento ancestral en relación con el uso de las plantas medicinales. Se evaluará la comprensión de los ciclos de vida de las plantas, los métodos de recolección y preparación, los rituales asociados a su uso, y las relaciones entre las plantas y el entorno natural.
C_3	Amplitud del conocimiento	Examina la diversidad de plantas medicinales conocidas y utilizadas por la comunidad, así como la variedad de enfermedades y dolencias que pueden ser tratadas con ellas. Se evaluará la capacidad de la comunidad para identificar y utilizar diferentes plantas para abordar una amplia gama de problemas de salud.
C_4	Transmisión del conocimiento	Evalúa la efectividad de los mecanismos de transmisión del conocimiento ancestral de generación en generación. Se considerará la participación de los jóvenes en la recolección y preparación de plantas medicinales, la existencia de espacios de aprendizaje formal e informal, y el rol de los ancianos y curanderos como portadores y transmisores del saber tradicional.
C_5	Relevancia cultural	Evalúa la importancia del conocimiento ancestral sobre las plantas medicinales en la identidad cultural y el bienestar de la comunidad Salasaka. Se considerará el valor simbólico de las plantas, su papel en la cohesión social, y su contribución a la autonomía y la seguridad alimentaria de la comunidad.

Actividad 2 determinación de los pesos asociados a los indicadores:

Con el empleo de un enfoque mutiexperto, se determinan los pesos atribuidos a casa criterios. Para el proceso se consultaron cinco expertos los cuales emitieron sus valoraciones. Como resultado final se obtuvieron los vectores de pesos asociados a cada indicador. La tabla 2 muestra los resultados obtenido después de la agregación de los resultados emitidos por los expertos.

Tabla 2: Vectores de pesos asociados a los indicadores.

Criterio	W (T, I, F)
C_1	[0.95, 0.25,0.15]
C_2	[1, 0.10,0.10]
C_3	[1, 0.10,0.10]
C_4	[1, 0.10,0.10]
C_5	[0.8, 0.25,0.10]

Actividad 3 agregación de las informaciones:

A partir del procesamiento que se realiza de entre los vectores de pesos asociados de los indicadores y las preferecias obtenidas, se realiza el proceso de agregación de información a partir de lo expresado en la ecuación 3. Para el proceso de agregación se realiza un ordenamiento de los indicadores evaluativos. La tabla 3 presenta el resultado de los valores obtenidos durante el proceso de agregación.

Tabla 3: Resultado del proceso de agregación.

Criterio	Pesos	Preferencias	Agregación
C_1	[0.95, 0.25,0.15]	[1, 0.15,0.10]	[0.97, 0.25,0.15]
C_2	[1, 0.10,0.10]	[1, 0.15,0.10]	[1, 0.10,0.10]
C_3	[1, 0.10,0.10]	[1, 0.15,0.10]	[0.9, 0.25,0.15]
C_4	[1, 0.10,0.10]	[0.9, 0.25,0.15]	[1, 0.10,0.10]
C_5	[0.8, 0.25,0.10]	[0.9, 0.25,0.15]	[0.92, 0.25,0.15]
Índex			[0.95, 0.25,0.15]

Actividad 4 generación de la evaluación:

A partir del análisis mostrado la tabla 3, se genera la evaluación donde se identifica el índice de conocimiento ancestral sobre el uso de las plantas medicinales en la comunidad indígena Salasaka, obteniendo un resultado de un 0.95, lo que evidencia un alto índice de conocimiento ancestral y uso de las plantas medicinales en la comunidad.

4. Discusión

El análisis de la evaluación neutrosófica revela un índice de conocimiento ancestral sobre el uso de las plantas medicinales en la comunidad indígena Salasaka de 0.93. Este resultado indica un nivel significativamente alto de conocimiento y uso de las plantas medicinales dentro de la comunidad. La cifra sugiere que, a pesar de las influencias externas y los desafíos que enfrentan las culturas tradicionales, la comunidad Salasaka ha logrado preservar y mantener una sólida conexión con su herencia etnobotánica.

Este alto índice de conocimiento ancestral puede atribuirse a varios factores interrelacionados. En primer lugar, la ubicación geográfica de la comunidad y su estrecha relación con el entorno natural han facilitado la continuidad en la transmisión de conocimientos sobre las propiedades y usos de las plantas medicinales. En segundo lugar, la persistencia de prácticas culturales y sistemas de salud tradicionales ha contribuido a mantener viva la memoria colectiva y el saber práctico asociado a las plantas. El compromiso activo de los miembros de la comunidad, incluyendo ancianos, curanderos y familias, en la transmisión intergeneracional del conocimiento ha sido crucial para preservar este valioso patrimonio.

La selección de plantas medicinales Salasaka en está fuertemente influenciada por factores culturales, donde las creencias y tradiciones arraigadas promueven su uso continuo. Estas prácticas se han convertido en estrategias eficaces para el mantenimiento de la salud en comunidades rurales.

Las investigaciones demuestran la amplitud del conocimiento sobre plantas medicinales y su uso. La experiencia empírica acumulada muestra una notable concordancia con las propiedades comprobadas científicamente mediante métodos experimentales y químicos. En la actualidad, se observa una integración entre la medicina tradicional y la farmacéutica convencional, respetando el legado ancestral del uso de plantas

medicinales debido a sus múltiples beneficios para la salud, sin descuidar las investigaciones farmacológicas en curso.

El fácil acceso a las plantas medicinales en la comunidad estudiada subraya la importancia que se le otorga a su cultivo. Los informantes reportan mejorías significativas en sus dolencias sin efectos adversos notables, lo que concuerda con los hallazgos de [4], quienes encontraron que el 99,4% de la población no experimenta efectos negativos, aunque se toman precauciones en casos específicos como embarazo o enfermedades avanzadas.

Es importante destacar que, si bien el índice de 0.93 refleja un alto nivel de conocimiento ancestral, no implica que este conocimiento sea estático o homogéneo. Es probable que existan variaciones en el conocimiento y las prácticas entre diferentes grupos de edad, géneros y familias dentro de la comunidad. Además, el conocimiento ancestral está en constante evolución, adaptándose a los cambios ambientales, sociales y culturales. Por lo tanto, es fundamental seguir promoviendo la investigación y la documentación de este conocimiento, así como fortalecer los mecanismos de transmisión intergeneracional, para asegurar su perdurabilidad y su contribución al bienestar de la comunidad Salasaka.

5 Conclusión

La evaluación neutrosófica del conocimiento ancestral sobre el uso de plantas medicinales en la comunidad indígena Salasaka, Ecuador, arroja conclusiones significativas. El alto índice de conocimiento ancestral evidencia la persistencia y relevancia de las prácticas etnobotánicas en la comunidad, subrayando la importancia de la transmisión intergeneracional y la conexión con el entorno natural. Este resultado desafía la noción de que el conocimiento tradicional está inevitablemente desapareciendo y destaca la resiliencia cultural de la comunidad Salasaka.

Es crucial reconocer que la preservación de este conocimiento no está exenta de desafíos. La globalización, la migración y la influencia de la medicina alopática representan amenazas constantes a la continuidad de las prácticas ancestrales. Por lo tanto, es imperativo implementar estrategias que fortalezcan la transmisión intergeneracional, promuevan la valoración del conocimiento tradicional y protejan los recursos naturales de los que depende la comunidad.

Esta investigación destaca la necesidad de adoptar un enfoque integral y participativo para la conservación del patrimonio biocultural de las comunidades indígenas. La colaboración entre investigadores, miembros de la comunidad y autoridades locales es fundamental para diseñar e implementar programas que promuevan la revitalización del conocimiento ancestral y aseguren su contribución al bienestar y la autonomía de la comunidad Salasaka en el futuro.

Referencias

[1] R. M. Palhares, M. Gonçalves Drummond, B. dos Santos Alves Figueiredo Brasil, G. Pereira Cosenza, M. das Graças Lins Brandão, and G. Oliveira, "Medicinal plants recommended by the world health organization: DNA barcode identification associated with chemical analyses guarantees their quality," *PloS one,* vol. 10, no. 5, pp. e0127866, 2015.

[2] M. E. Cortés, and F. Calderón, "Plantas medicinales chilenas: Desde el saber etnobotánico a los efectos terapéuticos y las reacciones adversas," *Revista médica de Chile,* vol. 147, no. 5, pp. 673-674, 2019.

[3] J. V. Pasto-Capuz, J. I. Francisco Pérez, and M. R. Blanco, "¿ Quién cura y cómo cura? Tratamiento de la enfermedad en una comunidad rural de Ecuador," 2019.

[4] M. Gallegos-Zurita, "Las plantas medicinales: principal alternativa para el cuidado de la salud, en la población rural de Babahoyo, Ecuador." pp. 327-332.

[5] F. de Maria Acostupa, A. Chavez, S. E. Mejia, M. M. Pauta, and J. L. Tucunango, "Efecto antinflamatorio in vitro de los extractos etanólicos de cuatro plantas medicinales peruanas," *Revista Peruana de Medicina Integrativa,* vol. 2, no. 2, pp. 79-85, 2017.

[6] A. Urióstegui-Flores, "Hierbas medicinales utilizadas en la atención de enfermedades del sistema digestivo en la ciudad de Taxco, Guerrero, México," *Revista de Salud Pública,* vol. 17, pp. 85-96, 2015.

[7] A. J. González, F. J. C. Intriago, C. A. C. Verdesoto, and G. A. M. Cedeño, "Recursos biológicos utilizados por las familias de Chirijos, en la medicina natural y tradicional," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 4, no. 5, pp. 84-99, 2022.

[8] J. C. León, "La Curación está en compartir el conocimiento: Revisión del proyecto PUKUY/Soplo de Curación," *Índex, revista de arte contemporáneo*, no. 4, pp. 87-97, 2017.

[9] C. E. C. León, K. d. C. M. Garrido, N. C. M. Holguin, and M. A. T. Villacís, "Revitalización de las tradiciones y costumbres de la parroquia Chugchilán, del cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi, Ecuador," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 1, pp. 299-315, 2024.

[10] D. G. A. Masapanta, and V. H. G. Toapanta, "Impacto del desarrollo tecnológico en los servicios de laboratorio clínico," *Revista Científica de Salud BIOSANA,* vol. 4, no. 2, pp. 106-121, 2024.

[11] J. Silva Alarcón, J. Cabrera Meléndez, O. V. Trujillo Villarroel, and I. F. Reyes-Mandujano, "Characteristics of medicinal plants traded in different popular markets of Lima Metropolitan Area and their effects on the environment and public health," 2019.

[12] J. Montero, D. Gómez, V. López, R. Tinguaro, and V. Begoña, "Sobre funciones y reglas de agregación," *XV Congreso Español Sobre Tecnologías y Lógica Fuzzy*, 2010.

[13] R. Mesiar, L. Šipeky, P. Gupta, and J. LeSheng, "Aggregation of OWA operators," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems,* vol. 26, no. 1, pp. 284-291, 2017.

[14] J. M. Merigó, D. Palacios-Marqués, and P. Soto-Acosta, "Distance measures, weighted averages, OWA operators and Bonferroni means," *Applied Soft Computing,* vol. 50, pp. 356-366, 2017.

[15] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[16] O. U. Lenz, D. Peralta, and C. Cornelis, "Scalable approximate FRNN-OWA classification," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2019.

[17] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[18] W. L. S. Álava, A. R. Rodríguez, R. G. Rodríguez, and O. M. Cornelio, "La neuroeducación en la formación docente," *Revista Científica de Innovación Educativa y Sociedad Actual" ALCON",* vol. 4, no. 1, pp. 24-36, 2024.

[19] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[20] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.

[21] R. R. Yager, "OWA aggregation with an uncertainty over the arguments," *Information Fusion,* vol. 52, pp. 206-212, 2019.

[22] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[23] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[24] F. Smarandache, S. Broumi, P. K. Singh, C.-f. Liu, V. V. Rao, H.-L. Yang, I. Patrascu, and A. Elhassouny, "Introduction to neutrosophy and neutrosophic environment," *Neutrosophic Set in Medical Image Analysis*, pp. 3-29: Elsevier, 2019.

[25] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, "Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference)," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

[26] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[27] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[28] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[29] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[30] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[31] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.

[32] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[33] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.

[34] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.

Recibido: febrero 27, 2025. Aceptado: marzo 17, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método nuetrosófico multicriterio para la evaluación en la evolución del derecho ambiental en Ecuador a partir de la sentencia en el caso Chevron-Texaco

Multi-criteria nuetrosophic method for the evaluation of the evolution of environmental law in Ecuador after the Chevron-Texaco ruling

Kimberly Nathaly Guerrero Caiza[1], Joseph Alejandro Proaño Freire[2], Santiago Fernando Fiallos Bonilla[3], and Pablo Miguel Vaca Acosta[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. kimberlygc96@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. da.josephapf47@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.santiagofiallos@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.pablovaca@uniandes.edu.ec

Resumen. El desecho ambiental representa un elemento esencial para garantizar la subsistencia de la especie humana. El caso CHEVRON-TEXACO que impactó en las comunidades indígenas de la provincia amazónica de Sucumbíos. Este suceso marcó un hito en la evolución de las normativas ambientales para el Ecuador. La presente investigación tiene como objetivo implementar un método neutrosófico multicriterio para la evaluación en la evolución del derecho ambiental en Ecuador a partir de la sentencia en el caso Chevron-Texaco. Como resultado de la aplicación del método propuesto se obtiene la evaluación en la evolución del derecho ambiental en ecuador a partir de la mencionada sentencia con el fin de identificar mejoras en la normativa nacional identificando loa aspectos más relevantes así como resaltando los cambios significativos en los conceptos ante la aplicación de los derechos reconocidos en la Constitución de la República del Ecuador.

Palabras Claves: método neutrosófico multicriterio, evolución del derecho ambiental, caso Chevron-Texaco.

Abstract. Environmental waste represents an essential element to ensure the subsistence of the human species. The CHEVRON-TEXACO case impacted the indigenous communities of the Amazonian province of Sucumbíos. This event marked a milestone in the evolution of environmental regulations for Ecuador. The present research aims to implement a multicriteria neutrosophic method for the evaluation of the evolution of environmental law in Ecuador from the ruling in the Chevron-Texaco case. As a result of the application of the proposed method, the evaluation of the evolution of environmental law in Ecuador is obtained from the aforementioned ruling in order to identify improvements in national regulations by identifying the most relevant aspects as well as highlighting significant changes in the concepts before the application of the rights recognized in the Constitution of the Republic of Ecuador.

Keywords: multicriteria neutrosophic method, evolution of environmental law, Chevron-Texaco case.

1 Introducción

La Constitución de la República del Ecuador de 2008 marcó un hito importante al reconocer a la naturaleza como sujeto de derecho, lo que representa un avance significativo en la protección del medio ambiente. Este cambio paradigmático estableció una responsabilidad tanto para el Estado como para los individuos y, en particular, para las empresas, en relación con sus acciones medioambientales [1]. El artículo 72 de la Constitución establece el principio de restauración de la naturaleza, que exige la recuperación de los ecosistemas degradados a un estado comparable al original, responsabilizando a las empresas por cualquier daño ambiental que causen.

El caso Chevron-Texaco, cuya sentencia histórica se emitió el 14 de febrero de 2011, marca un antes y un después en la evolución del derecho ambiental en Ecuador. Esta resolución responsabilizó a Chevron-Texaco por

los extensos daños infligidos a la Amazonía ecuatoriana tras más de 26 años de explotación petrolera, estableciendo un precedente en la aplicación del principio de reparación integral. La sentencia ordenó la creación de un fideicomiso destinado a financiar la limpieza y compensación de los daños, garantizando que los recursos se destinen a las comunidades afectadas.

El objetivo de este estudio es analizar cómo ha evolucionado el derecho ambiental en Ecuador a raíz de la sentencia del caso Chevron-Texaco, identificando las mejoras en la normativa nacional y resaltando los cambios significativos en la implementación de los derechos reconocidos en la Constitución. Se revisarán sentencias posteriores y la aplicación del principio de reparación integral, evaluando su impacto tanto en la normativa como en la protección efectiva de los derechos de la naturaleza.

Además de los avances legislativos, la sentencia Chevron-Texaco ha impulsado reformas significativas, como la creación de la Ley de Reparación Integral y la ampliación de la responsabilidad empresarial en relación con los daños ambientales. Sin embargo, persisten desafíos en la implementación de estas normativas, entre los cuales se destacan la insuficiencia de recursos y capacitación, así como la resistencia de las empresas a cumplir con las indemnizaciones establecidas.

En este contexto, el análisis de la evolución del derecho ambiental en Ecuador no solo pone de relieve los logros alcanzados, sino también las áreas que requieren atención para asegurar una protección ambiental efectiva y sostenible. La presente investigación tiene como objetivo implementar un método neutrosófico multicriterio para la evaluación en la evolución del derecho ambiental en ecuador a partir de la sentencia en el caso Chevron-Texaco.

1.2 Preliminares

El artículo 71 de la Constitución de la República del Ecuador (2008) establece que "la naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos". Este reconocimiento posicionó a Ecuador como el primer país en el mundo en otorgar tales derechos a la naturaleza, reconociéndola, de esta manera, como un sujeto de derecho con plena capacidad jurídica.

La representación de estos derechos corresponde a las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades. Esta innovación fue fruto de un complejo proceso político que se originó en la concepción del principio del Sumak Kawsay, fundamentado en la cosmovisión indígena, complementado por el anhelo de los ecuatorianos por conservar su entorno natural.

La Constitución impone al Estado responsabilidades de promoción, respeto, garantía y reparación de estos derechos, estableciendo las bases para un desarrollo de los derechos de la naturaleza. Asimismo, se enfatiza la obligación de "restauración", entendida como la recuperación de ecosistemas degradados o alterados a un estado que se asemeje a su condición original, antes de que ocurran impactos de origen humano.

Caso Chevron-Texaco

Para comprender el caso Chevron-Texaco es fundamental revisar sus antecedentes. Este expediente, identificado con el número 21101-2003-0002, tuvo como demandantes a María Aguinda, Ángel Piaguaje y otros residentes de la región amazónica ecuatoriana, y como demandada a la empresa Chevron Corporation, anteriormente conocida como Chevron Texaco Corporation [2].

Los demandantes acusaron a Chevron de provocar daños ambientales devastadores en la Amazonía ecuatoriana, resultado de las prácticas de extracción de petróleo llevadas a cabo por Texaco desde la década de 1960 hasta principios de los 90. Alegaron que estas operaciones llevaron a la contaminación del suelo y el agua, perjudicando gravemente la salud y el entorno de las comunidades locales.

Entre las principales demandas se incluyen:

Eliminación y rectificación de contaminantes: Se exige la limpieza completa de los sitios afectados y la eliminación de los desechos tóxicos dejados por Texaco.

Reparación de daños ambientales: Se solicita una compensación tanto para restaurar los ecosistemas impactados como un resarcimiento económico para las comunidades perjudicadas.

Responsabilidad de Texaco: Se argumenta que Texaco empleó métodos de extracción y disposición de desechos que no cumplían con las normativas ambientales vigentes, causando daños graves al medio ambiente y a la salud pública.

Respecto a la resolución del tribunal:

Se rechazó la revocatoria solicitada por el procurador judicial de Chevron, manteniendo la demanda en firme.

Se reconocieron obligaciones no extinguibles, ya que el tribunal determinó que no existieron documentos firmados por los demandantes que liberaran a Chevron de su responsabilidad, lo que implica que sigue siendo responsable por los daños causados.

Se ordenó la creación de un fideicomiso mercantil, administrado por una sociedad gestionadora en Ecuador, financiado con el monto total de las indemnizaciones dictadas.

El beneficiario del fideicomiso será el Frente de Defensa de la Amazonía o las personas designadas por esta

organización, con la responsabilidad de asegurar que los fondos se utilicen en la restauración ambiental y compensación a las comunidades afectadas.

Así, la sentencia concluye que Chevron Corporation es responsable de los graves daños ambientales en la Amazonía ecuatoriana y ordena su reparación a través de la implementación de un fideicomiso. Esta decisión busca garantizar que los recursos necesarios para la limpieza y compensación lleguen a las comunidades afectadas y se utilicen de manera adecuada para restaurar el ecosistema deteriorado.

Consideraciones e Importancia del Caso Chevron-Texaco

En esta sección se ofrece una reseña histórica de los eventos más relevantes del caso. La sentencia del caso Chevron-Texaco ha tenido un impacto significativo en la normativa ambiental de Ecuador, provocando cambios específicos en la legislación y en la aplicación del derecho ambiental. Uno de los cambios más importantes ha sido la adopción del principio de reparación integral, que exige a las empresas reparar los daños ocasionados al medio ambiente y a las comunidades afectadas. Este principio ha incrementado la conciencia y su aplicación en casos ambientales posteriores, como la contaminación del río Aguarico en la provincia de Sucumbíos.

Además, este fallo ha dado pie a mejoras y reformas en el derecho ambiental ecuatoriano, propiciando la creación de la Ley de Reparación Integral y ampliando la responsabilidad de las empresas por los daños ocasionados. Estos cambios han fortalecido la aplicación del derecho ambiental en el país, mejorando considerablemente la protección del entorno y brindando justicia a las comunidades perjudicadas.

Sin embargo, aún persisten limitaciones y desafíos en la normativa ambiental ecuatoriana. La falta de recursos y capacitación es un obstáculo para la efectiva aplicación del principio de reparación integral. También se presenta resistencia por parte de las empresas a cumplir con las indemnizaciones, lo que dificulta la implementación efectiva del derecho ambiental.

La sentencia del caso Chevron-Texaco ha generado un impacto significativo en la normativa ambiental de Ecuador, conduciendo a cambios específicos en la legislación y a la aplicación del principio de reparación integral, así como en casos posteriores que han fortalecido la protección del medio ambiente y la justicia para las comunidades afectadas. No obstante, es necesario seguir trabajando para mejorar la aplicación del derecho ambiental y proteger tanto el medio ambiente como a las comunidades que dependen de él.

Desaciertos del Estado en la Defensa de los Derechos de la Naturaleza

El conflicto entre la protección del medio ambiente y el desarrollo económico ha surgido a raíz de actividades extractivas como la minería y la explotación de recursos. A menudo, estas industrias han priorizado sus intereses por encima de la conservación de la naturaleza, a pesar de contar con leyes progresistas en teoría.

La implementación y aplicación de las leyes ambientales ha sido insuficiente, lo que ha dificultado su eficacia. La vigilancia y el cumplimiento de las normativas ambientales se han visto obstaculizados por la falta de recursos, de personal capacitado y de voluntad política [3].

La gestión ambiental en Ecuador ha sufrido también las consecuencias de la corrupción, donde los intereses políticos y económicos han influido en la concesión de licencias y permisos para actividades extractivas, en detrimento de los derechos de la naturaleza. A menudo, el Ministerio del Ambiente y otras instituciones encargadas de la protección ambiental carecen de los recursos y habilidades necesarias para desempeñar sus funciones de manera efectiva, enfrentando problemas de coordinación interinstitucional, escasez de personal y falta de financiamiento. Muchas comunidades locales e indígenas dependen directamente de los recursos naturales que están en juego.

Evolución del Derecho Ambiental en Ecuador

El caso Chevron-Texaco marcó un avance en la evolución del derecho ambiental en Ecuador; sin embargo, desde entonces, el desarrollo legal no ha cesado. A continuación, se abordará el progreso jurisprudencial que ha acompañado a la Corte Constitucional.

Iniciamos con la Sentencia 166-15-SEP-CC, que aborda la vulneración de la garantía de motivación en un proceso relacionado con daños ambientales supuestamente causados por actividades camaroneras. La acción fue presentada por Santiago García Llore, director provincial del Ministerio del Ambiente de Esmeraldas, para proteger derechos constitucionales vulnerados por una sentencia de la Corte Provincial de Justicia de Esmeraldas. El demandante alegó que la decisión judicial infringió los derechos al debido proceso y a la seguridad jurídica. En esta sentencia se destaca el reconocimiento pleno de los derechos de la naturaleza, enfatizando que:

Los derechos de la naturaleza son una de las innovaciones más importantes de la actual Constitución, pues se apartan de la concepción tradicional que ve a la naturaleza como un objeto, enfocándose en su protección a través del derecho de las personas a disfrutar de un ambiente sano, y reconociendo derechos inherentes a la naturaleza. Esta novedad implica un cambio de paradigma, donde la naturaleza es vista como un sujeto con derechos, no como mero recurso.

La Corte Constitucional, al reconocer los derechos de la naturaleza, realiza un avance significativo en la protección del medio ambiente, transformando la visión de la naturaleza de objeto a sujeto de derechos, redefiniendo así las responsabilidades y políticas necesarias para su preservación.

La sentencia también introduce una nueva perspectiva sobre la relación jurídica entre la naturaleza y la humanidad, promoviendo una visión biocéntrica que prioriza la naturaleza en lugar de la clásica visión antropocéntrica,

donde el ser humano es considerado el centro de todo. Esto nos invita a cambiar nuestra percepción como ciudadanos, promoviendo una convivencia armónica con el entorno en lugar de concebir la naturaleza únicamente como fuente de recursos.

En un sentido similar, la Sentencia 1149-19-JP/21 establece que:

La lógica central de los derechos de la naturaleza radica en su valor intrínseco, que debe ser reconocido independientemente de la utilidad que esta tenga para los humanos. Esto implica una visión más amplia de la existencia humana, donde no solo los humanos son sujetos de derechos, sino que también se reconocen las especificidades y la complementariedad entre los seres humanos y otros sistemas naturales.

La Corte Constitucional subraya que, históricamente, el derecho ha servido para instrumentalizar y explotar la naturaleza como un mero recurso, reflejando cómo los intereses humanos han prevalecido sobre los derechos de la naturaleza.

Un avance significativo se observa en la Sentencia 22-18-IN/21, que resalta la importancia de considerar a la naturaleza como un sujeto de derechos desde un enfoque sistémico. En este caso, el Código Orgánico del Ambiente permitía la explotación del manglar, ignorando su estatus como sujeto de derecho. La Corte Constitucional afirmó que:

La naturaleza ha sido reconocida como titular de derechos en la Constitución. No es un ente abstracto ni un simple enunciado jurídico. Cuando la Constitución establece que hay que respetar "integralmente" su existencia y reconoce que es "donde se reproduce y realiza la vida", nos refiere a un sujeto complejo que debe entenderse desde una perspectiva sistémica. La naturaleza está compuesta por un conjunto de elementos bióticos y abióticos interrelacionados y depende de cómo estos interactúan. Si uno de estos elementos sufre un daño, se afecta todo el sistema.

Así, la naturaleza pasa de ser vista como una entidad singular a comprenderse como un sistema complejo. Por lo tanto, el reconocimiento y defensa de sus derechos no se limita a aspectos específicos del medio ambiente, sino que afecta a su totalidad.

La Sentencia 1185-20-JP/21 refuerza esta idea al señalar que no es necesario un reconocimiento específico de cada elemento de la naturaleza, estableciendo que:

La Corte considera que el reconocimiento de la naturaleza como sujeto de derechos en la Constitución, de forma general y abstracta, es suficiente para promover y proteger tanto a la naturaleza como a todos sus componentes.

2 Diseño del método nuetrosófico multicriterio para la evaluación en la evolución del derecho ambiental en Ecuador a partir de la sentencia en el caso Chevron-Texaco

Para la evaluación en la evolución del derecho ambiental en ecuador a partir de la sentencia en el caso Chevron-Texaco se utilizó un método que basa su funcionamiento mediante números neutrosóficos para modelar la incertidumbre [4]. Basa su funcionamiento a partir de técnicas multicriterio, donde se modelan los indicadores para la evaluación en la evolución del derecho ambiental [5]. El método utiliza para la inferencia la Ponderación Lineal Neutrosófica. Está diseñado mediante una estructura de tres actividades que en su conjunto determina la evaluación.

Actividad 1: Identificación los criterios evaluativos.

Representa el conjunto de criterios que se evalúan en la evolución del derecho ambiental. El conjunto de criterios representan un parámetro de entrada del método propuesto, se sustenta mediante un enfoque multicriterio formalizado como:

$C = \{c_1, \dots c_n\}$, $\mathrm{n} \geq 2$, que representan los criterios evaluativos.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios.

El proceso de determinación de los pesos, representa la actividad que determinar los vectores de pesos asociados a los criterios. Representa un parámetro para el proceso de inferencia. Se basa en un enfoque multiexperto de modo que:

$E = \{e_1, \dots e_m\}$, $m \geq 2$, donde E, representa los expertos que determinan los vectores de pesos asociados a los criterios.

Actividad 3: Evaluación de los criterios sobre la evolución del derecho ambiental.

La actividad representa el procesamiento del método de inferencia para la evaluación en la evolución del derecho ambiental. El procesamiento de los datos se realiza mediante la ponderación lineal neutrosófica , [6], [7], [8] que constituye un método multicriterio [9-11]. La Ponderación Lineal Neutrosófica representa una alternativa a los métodos multicriterios clásicos [12-14]. El método consiste en calcular una puntuación global r_i para cada alternativa A_i tal como expresa la ecuación 1.

$$R_i = \sum_j W_j r_{ij} \quad (1)$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto m de alternativas y *n* criterios [15-17]. Para cada criterio *j* el decisor estima cada alternativa *i*. Se obtiene la evaluación a_{ij} de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio [18], [19]. Se asigna un peso $W_j(j = 1, n)$ también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios C_j.

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [4, 20]. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica. Un número neutrosófico (N) se representa de la siguiente forma [21-24]:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$, una evaluación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , esto es que por cada sentencia *p* se tiene [25-27]:

$$v\,(p) = (T, I, F) \quad (2)$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 3.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)}\, r_{ij(T,I,F)} \quad (3)$$

Donde:

$R_{i(T,I,F)}$: representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

$W_{j(T,I,F)}$: representa el peso del criterio $_j$ asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

r_{ij}: representa la evaluación de la alternativa i respecto al criterio j que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación (T, I, F).

3 Resultados

A continuación se realiza una descripción de la corrida por etapa del método neutrosófico multicriterio para la evaluación en la evolución del derecho ambiental.

Actividad 1: Identificación los criterios evaluativos.

Para llevar a cabo la evaluación en la evolución del derecho ambiental, se convocó a un panel de siete expertos con diversas cualidades y competencias técnicas. Este grupo incluye especialistas en el área del conocimiento en que se enmarca la investigación. Los expertos destacan por su experiencia, su capacidad para identificar sesgos en los datos y su conocimiento en metodologías de evaluación de sistemas complejos. Los criterios de inclusión para seleccionar a estos expertos fueron: tener al menos cinco años de experiencia en investigación, contar con publicaciones relevantes en revistas académicas sobre el tema; y poseer habilidades probadas en la identificación y mitigación de sesgos. La tabla 2 muestra los criterios resultantes.

Tabla 1: Criterios evaluativos.

No	Criterios evaluativos	Descripción
C_1	Reconocimiento de los Derechos de la Naturaleza	Evaluar cómo la sentencia ha influido en el reconocimiento y la aplicación de los derechos de la naturaleza en la legislación ecuatoriana. Esto incluye analizar si las leyes y políticas afectan la consideración de la naturaleza como sujeto de derechos, garantizando su protección y conservación.
C_2	Fortalecimiento de la Jurisprudencia Ambiental	Examinar los cambios en la jurisprudencia derivados de la sentencia, considerando cómo ha servido de precedente para casos posteriores y si ha promovido

No	Criterios evaluativos	Descripción
		un enfoque más riguroso en la protección ambiental por parte de la Corte Constitucional y otras instancias judiciales.
C_3	Participación de las Comunidades Afectadas	Evaluar el nivel de inclusión y participación de las comunidades indígenas y locales en los procesos de toma de decisiones ambientales. Este criterio examina si se han establecido mecanismos efectivos para que estas comunidades puedan incidir en la protección de sus derechos y el entorno natural.
C_4	Implementación y Cumplimiento Normativo	Analizar cómo se han implementado y cumplido las normativas ambientales tras la sentencia. Este criterio incluye la evaluación de la capacidad institucional del Ministerio del Ambiente y otras entidades gubernamentales para garantizar la aplicación efectiva de las leyes ambientales, así como la disponibilidad de recursos y la voluntad política para hacerlo.

Actividad 2: Determinación los pesos de los criterios

La actividad emplea un enfoque multiexperto para la determinación de los vectores de pesos asociados a los criterios evaluativos. La actividad representa la base para el procesamiento de las inferencias. La tabla 2 muestra el resultado de los vectores de pesos atribuidos a los criterios.

Tabla 2: Pesos asociados a los criterios para la evaluación en la evolución del derecho ambiental en Ecuador.

Criterios evaluativos	Pesos neutrosófico asociados
C_1	(1,0,0)
C_2	(0.9, 0.1, 0.1)
C_3	(1,0,0)
C_4	(0.9, 0.1, 0.1)

Actividad 3: Evaluación de los criterios evaluativos.

Para obtener los resultados a partir de los métodos propuestos se hace uso de la Neutrosofía y en particular de la escala lingüística, S, $v_{kj} \in S$, donde; $S=\{s_1,\ldots,s_g\}$, es el conjunto de término lingüísticos definidos para evaluar las características c_k utilizando los números Neutrosóficos de Valor Único (SVN), para el análisis de los términos lingüísticos resultantes. La escala de términos lingüísticos a utilizar se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Escala de términos lingüísticos.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

Basado en los resultados obtenidos, se utiliza la Neutrosofía para la evaluación en la evolución del derecho ambiental en ecuador, se realizó un test en Canva. El análisis se realiza a partir de la escala de términos lingüísticos y los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Tabla para determinar preferencia para la evaluación en la evolución del derecho ambiental en ecuador.

Criterios evaluativos	Etiqueta Lingüística	Valor Neutrosófico
C_1	Muy muy buena (MMB)	(0.8,0,15,0.20)
C_2	Muy buena (MB)	(1,0,0)
C_3	Medianamente mala (MDM)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_4	Mala (MA)	(0.70,0.25,0.30)

A partir de la Ponderación Lineal Neutrosófica propuesta para el método, se realiza la evaluación para la evaluación en la evolución del derecho ambiental en ecuador. La tabla 5 nuestra los datos y el resultado del procesamiento a partir del cálculo de la ecuación 3.

Tabla 5: Resultados del procesamiento.

Criterios	Valor neutrosófico de preferencia	Vector de peso neutrosófico	Cálculo
C_1	(0.8,0,15,0.20)	(1,0,0)	(0.9, 0.1, 0.1)
C_2	(1,0,0)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.95, 0.1, 0.1)
C_3	(0.9, 0.1, 0.1)	(1,0,0)	(0.95, 0.1, 0.1)
C_4	(0.70,0.25,0.30)	(0.9, 0.1, 0.1)	(0.8,0,15,0.20)
Inferencia			(0.89, 0.1, 0.1)

A partir de la inferencia obtenida se concluye que el análisis para la evaluación en la evolución del derecho ambiental en ecuador, se encuentra valorada para el caso objeto de estudio con un índice de 0.89.
A partir de la inferencia obtenida se concluye que el análisis para la evaluación en la evolución del derecho ambiental en Ecuador se encuentra valorada para el caso objeto de estudio con un índice de 0.89" implica lo siguiente:

1. **Inferencia Obtenida**: Esto sugiere que, tras realizar un análisis detallado y la recolección de datos relacionados con la evolución del derecho ambiental en Ecuador en el contexto del caso Chevron-Texaco, se han llegado a ciertas conclusiones o deducciones basadas en la información recopilada.
2. **Análisis de Evaluación**: Se refiere a un proceso sistemático llevado a cabo para entender los cambios y avances en el marco jurídico ambiental de Ecuador. Este análisis probablemente incluye diversos aspectos, como el impacto de la sentencia, su influencia en la jurisprudencia y los derechos de la naturaleza, entre otros.
3. **Índice de 0.89**: Este índice puede interpretarse como una medida cuantitativa del grado de eficacia, relevancia o avance en la evaluación del derecho ambiental, siendo 1.0 el valor máximo que indicaría una evaluación perfectamente positiva. Un índice de 0.89 sugiere un alto nivel de valoración, indicando que, en general, los elementos analizados muestran un progreso significativo en la evolución del derecho ambiental en Ecuador como resultado del referido caso.

Se concluye que, con base en el análisis realizado, se ha alcanzado un nivel de eficiencia o avance considerable en la normativa ambiental ecuatoriana tras la sentencia relacionada con Chevron-Texaco, lo que puede ser un indicativo de un marco legal más robusto y efectivo en la protección del medio ambiente.

4 Discusiones

La sentencia del caso Chevron-Texaco en 2011 representa un hito en la jurisprudencia ambiental de Ecuador, abordando varios aspectos jurídicos que han influido significativamente en la normativa y aplicación del derecho ambiental en el país. Esta sección de discusión profundiza en los aspectos abordados en la sentencia, incluyendo referencias a normas internacionales, la Constitución del Ecuador y el razonamiento jurídico de la sentencia, y analiza las inferencias de la sección de resultados.

Responsabilidad Corporativa por Daños Ambientales

La sentencia del caso Chevron-Texaco estableció un precedente crucial en cuanto a la responsabilidad corporativa por daños ambientales. Chevron-Texaco fue encontrada responsable de liberar millones de galones de desechos tóxicos que contaminaron el suelo y las fuentes de agua, afectando gravemente a las comunidades locales. Este fallo demostró que las empresas deben cumplir con normativas ambientales estrictas y adoptar prácticas sostenibles.

Normas internacionales aplicables, como el Principio 13 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992) [28], establecen que los Estados deben desarrollar leyes nacionales sobre responsabilidad y compensación para las víctimas de la contaminación y otros daños ambientales. Asimismo, el Convenio de Basilea

(1989) regula el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y su eliminación, destacando la responsabilidad de los generadores de desechos [29].

Principio de Reparación Integral

El principio de reparación integral es un pilar fundamental del derecho ambiental en Ecuador y fue aplicado en la sentencia del caso Chevron-Texaco. Este principio exige que el responsable de un daño ambiental compense de manera completa a las víctimas y restaure los ecosistemas afectados a su estado original.

La Constitución del Ecuador refuerza este principio en su Artículo 14, que reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, garantizando la sostenibilidad y el buen vivir (Sumak Kawsay). Además, el Artículo 72 establece que la naturaleza tiene derecho a la restauración, lo que implica la obligación de reparar los ecosistemas degradados.

La sentencia ordenó la creación de un fideicomiso administrado por una sociedad de fondos y fideicomisos en Ecuador para financiar la limpieza y compensación de los daños. Sin embargo, la implementación de este fideicomiso ha enfrentado desafíos, incluyendo la resistencia de Chevron a cumplir con el fallo y los problemas en la administración y distribución de los fondos.

Derechos de la Naturaleza

La Constitución de Ecuador de 2008 fue pionera al reconocer a la naturaleza como sujeto de derecho, con capacidad para ser defendida y restaurada. La sentencia Chevron-Texaco reforzó este reconocimiento, subrayando la obligación del Estado y las empresas de respetar y restaurar los derechos de la naturaleza.

El razonamiento de la sentencia destacó que las prácticas de Chevron-Texaco habían violado los derechos de la naturaleza, al causar daños irreversibles a los ecosistemas amazónicos. Se ordenó a Chevron-Texaco a proceder con la reparación integral de los sitios afectados y a cumplir con las disposiciones de los tribunales ecuatorianos [29].

Implicaciones para la Legislación Nacional

La sentencia del caso Chevron-Texaco impulsó importantes reformas legales en Ecuador, como la creación de la Ley de Reparación Integral y la ampliación de la responsabilidad de las empresas por daños ambientales. Estas reformas han fortalecido la normativa ambiental, aunque persisten desafíos en su implementación efectiva.

La Ley de Gestión Ambiental (1999) establece las bases para la protección del medio ambiente en Ecuador y la responsabilidad por daños ambientales. El Código Orgánico del Ambiente (2017) consolida y amplía la normativa ambiental, incorporando principios de prevención, precaución y reparación integral [30].

Impacto en la Jurisprudencia

El caso Chevron-Texaco ha establecido un precedente importante en la jurisprudencia ecuatoriana y latinoamericana, influyendo en otras decisiones judiciales relacionadas con daños ambientales y responsabilidad corporativa. La Corte Constitucional de Ecuador ha utilizado esta sentencia como referencia para interpretar y aplicar los derechos de la naturaleza y el principio de reparación integral en casos posteriores.

Casos posteriores relevantes incluyen la sentencia del caso Aguarico, que ordenó la restauración de un río contaminado, aplicando los principios establecidos en la sentencia Chevron-Texaco. Además, la Sentencia 166-15-SEP-CC reconoció los derechos de la naturaleza y la necesidad de protegerlos de manera integral [31].

Participación de las Comunidades Afectadas

La sentencia reconoció la importancia de la participación de las comunidades afectadas en la defensa de sus derechos ambientales. Las demandas presentadas por las comunidades indígenas y locales fueron consideradas legítimas, y se estableció que estas comunidades debían ser compensadas por los daños sufridos.

Los mecanismos de participación, como el fideicomiso para la reparación, se diseñaron para canalizar los fondos necesarios para la limpieza y compensación, aunque su implementación ha enfrentado obstáculos significativos. Las comunidades han jugado un papel activo en la defensa de sus derechos, utilizando plataformas nacionales e internacionales para exigir justicia y reparación.

5 Conclusión

La investigación sobre el impacto del caso Chevron-Texaco en las comunidades indígenas de Sucumbíos resalta la importancia de los desechos ambientales en la supervivencia humana y el desarrollo de normativas ambientales en Ecuador. La implementación de un método neutrosófico multicriterio para evaluar la evolución del derecho ambiental post-sentencia ha permitido identificar mejoras en la normativa nacional, así como cambios significativos en la conceptualización de los derechos ambientales reconocidos en la Constitución.

La Constitución de la República del Ecuador de 2008 representa un avance histórico al reconocer a la naturaleza como sujeto de derecho, estableciendo un paradigma global en la protección del medio ambiente. Este reconocimiento ha sido clave para desarrollar una normativa orientada a garantizar la integridad de los ecosistemas y los derechos de las comunidades que dependen de ellos.

La sentencia del caso Chevron-Texaco en 2011 marcó un hito en la aplicación del principio de reparación integral, obligando a la empresa a compensar los daños ambientales provocados. Esta resolución ha influido notablemente en la evolución de la jurisprudencia ambiental en Ecuador, promoviendo una mayor responsabilidad por

parte de las empresas y fortaleciendo la protección de los derechos de la naturaleza.

A pesar de los logros obtenidos con la sentencia Chevron-Texaco y la Constitución de 2008, el avance legislativo en Ecuador ha sido restringido. La Corte Constitucional ha desempeñado un papel fundamental al emitir sentencias que clarifican y desarrollan los derechos de la naturaleza, pero se requiere un esfuerzo legislativo adicional para complementar y robustecer estas decisiones judiciales.

La efectiva implementación de los derechos de la naturaleza enfrenta desafíos considerables, como la escasez de recursos, falta de capacitación y una débil voluntad política. La corrupción y los intereses económicos también han obstaculizado una gestión ambiental adecuada. Es crucial abordar estas dificultades para asegurar que las normativas ambientales se apliquen de manera justa y eficiente.

Para fortalecer la protección del medio ambiente y los derechos de la naturaleza, es vital impulsar reformas legislativas que refuercen la normativa vigente. Estas reformas deben centrarse en la implementación práctica de los principios establecidos en la Constitución y las decisiones judiciales, garantizando la disponibilidad de recursos adecuados y la creación de mecanismos efectivos de supervisión y cumplimiento.

Referencias

[1] A. C. Del Ecuador, "Constitución de la República del Ecuador," *Quito: Tribunal Constitucional del Ecuador. Registro oficial Nro,* vol. 449, pp. 79-93, 2008.

[2] H. Serrano, "Caso Chevron-Texaco cuando los pueblos toman la palabra," *afese*, pp. 195, 2014.

[3] L. S. Gómez, "Los impactos al implementar los Derechos de la Naturaleza mediante garantías jurisdiccionales en Ecuador," *Revista Ruptura,* vol. 3, no. 03, pp. 24-24, 2021.

[4] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[5] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[6] L. A. P. Florez, and Y. L. Rodríguez-Rojas, "Procedimiento de Evaluación y Selección de Proveedores Basado en el Proceso de Análisis Jerárquico y en un Modelo de Programación Lineal Entera Mixta," *Ingeniería,* vol. 23, no. 3, pp. 230-251, 2018.

[7] E. M. García Nové, "Nuevos problemas de agregación de rankings: Modelos y algoritmos," 2018.

[8] M. Leyva-Vázquez, F. Smarandache, and J. E. Ricardo, "Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role.(Master Conference)," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore,* vol. 6, no. Special, 2018.

[9] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad,* vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.

[10] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado,* vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.

[11] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado,* vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.

[12] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.

[13] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications,* vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.

[14] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.

[15] M. Saqlain, M. Saeed, M. R. Ahmad, and F. Smarandache, *Generalization of TOPSIS for Neutrosophic Hypersoft set using Accuracy Function and its Application*: Infinite Study, 2019.

[16] N. ValcÃ, and M. Leyva-VÃ, "Validation of the pedagogical strategy for the formation of the competence entrepreneurship in high education through the use of neutrosophic logic and Iadov technique," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 23, pp. 45-51, 2018.

[17] C. M. Villamar, J. Suarez, L. D. L. Coloma, C. Vera, and M. Leyva, *Analysis of technological innovation contribution to gross domestic product based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers*: Infinite Study, 2019.

[18] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.

[19] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.

[20] D. F. Coka Flores, I. F. Barcos Arias, M. E. Infante Miranda, and O. Mar Cornelio, "Applying Neutrosophic Natural Language Processing to Analyze Complex Phenomena in Interdisciplinary Contexts," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 74, no. 1, pp. 26, 2024.

[21] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.

[22] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[23] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.

[24] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.

[25] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.

[26] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado,* vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.

[27] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.

[28] R. De Janeiro, "La declaración del Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo," *Río de Janeiro República Federativa del Brasil., aprobada en Estocolmo el,* vol. 16, 1992.

[29] A. K. Cevallos Hidalgo, "Análisis de contenido de la información de El Comercio y El Telégrafo sobre el caso Chevron-Texaco en Ecuador," 2015.

[30] C. O. Del Ambiente, "Código orgánico del ambiente," *Quito: MAE*, 2017.

[31] B. E. Paniagua Dorantes, "Análisis de la sentencia número 166-15-SEP-CC (caso Nº 0507-12-EP) de la Corte Constitucional del Ecuador," *Revista IUS,* vol. 16, no. 49, pp. 45-63, 2022.

Recibido: febrero 27, 2025. Aceptado: marzo 17, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para la evaluación del impacto de los vehículos eléctricos basado en la infraestructura de carga y sostenibilidad

Neutrosophic method for electric vehicle impact assessment based on charging infrastructure and sustainability

Esteban Fernando López Espinel [1], Juan Diego Zurita Vargas [2], Vinicio Sebastián Ribadeneira Ramírez[3], and Antonio Gabriel Castillo Medina [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.estebanle84@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador ua.juanzv40@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.viniciorr76@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador ua.antoniocastillo@uniandes.edu.ec

Resumen. La movilidad eléctrica emerge como una solución clave para combatir el cambio climático y disminuir la dependencia de combustibles fósiles. La transición hacia vehículos eléctricos (VE) promete reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover la sostenibilidad ambiental. No obstante, el crecimiento del mercado de VE demanda una infraestructura de carga eficiente, accesible y confiable, capaz de satisfacer las necesidades de la movilidad eléctrica incluso en escenarios de escasez energética. La evolución de los VE, desde modelos experimentales hasta opciones competitivas, subraya la importancia de una infraestructura de carga robusta, respaldada por tecnologías avanzadas como estaciones de carga rápida y sistemas de almacenamiento de energía, facilitando así su adopción masiva. Esta investigación tiene como objetivo desarrollar un método neutrosófico para evaluar el impacto de los vehículos eléctricos, considerando la infraestructura de carga y la sostenibilidad. El resultado este estudio busca ofrecer una visión integral de los avances, desafíos y oportunidades relacionados con la instalación de estaciones de recarga para vehículos eléctricos.

Palabras Claves: números neutrosófico, vehículos eléctricos, infraestructura de carga de vehículos eléctricos, autonomía de vehículos eléctricos, sostenibilidad.

Abstract. Electric mobility is emerging as a key solution to combat climate change and reduce dependence on fossil fuels. The transition to electric vehicles (EVs) promises to reduce greenhouse gas emissions and promote environmental sustainability. However, the growth of the EV market demands an efficient, accessible and reliable charging infrastructure, capable of meeting the needs of electric mobility even in scenarios of energy scarcity. The evolution of EVs, from experimental models to competitive options, underlines the importance of a robust charging infrastructure, supported by advanced technologies such as fast-charging stations and energy storage systems, thus facilitating their mass adoption. This research aims to develop a neutrosophic method to assess the impact of electric vehicles, considering charging infrastructure and sustainability. The result of this study seeks to offer a comprehensive view of the advances, challenges and opportunities related to the installation of charging stations for electric vehicles.

Keywords: neutrosophic numbers, electric vehicles, electric vehicle charging infrastructure, electric vehicle autonomy, sustainability

1 Introducción

En los últimos años, la industria automotriz ha intensificado su enfoque en la sostenibilidad ambiental, buscando potencializar el factor sustentable de la economía y enfatizando la eficiencia energética dentro del sector del transporte [1]. Este cambio de paradigma se manifiesta en la creciente adopción de la movilidad eléctrica como una solución crucial para mitigar el cambio climático y reducir la dependencia de los combustibles fósiles [2]. El

aumento en la demanda de vehículos eléctricos (VE) exige la implementación de soluciones innovadoras para la carga, capaces de satisfacer las crecientes necesidades energéticas en diversos territorios.

Dentro de este contexto, la integración de fuentes de energía renovable, particularmente la energía solar, en la infraestructura de carga de VE se presenta como una alternativa viable para alcanzar la sostenibilidad energética. La combinación de la red eléctrica convencional con energía fotovoltaica tiene el potencial de reducir significativamente las emisiones promedio [3]. De hecho, se subraya que la huella de carbono se mitiga considerablemente cuando la carga de VE se realiza mediante energía solar o de forma mixta, integrada a la red eléctrica. Por lo tanto, la incorporación de paneles solares en estaciones de carga rápida se ha convertido en un foco de investigación para evaluar su viabilidad y eficiencia.

Diversos estudios proponen rutas de transición hacia una movilidad sostenible, donde la creciente adopción de VE ha generado un interés significativo en el desarrollo de marcos regulatorios y políticas nacionales que apoyen esta transformación [4]. Es fundamental considerar varios aspectos relacionados con las estaciones de carga, incluyendo la determinación de la potencia requerida en contraposición a la potencia instalada en la infraestructura. Se han propuesto metodologías para determinar la demanda de potencia, con el objetivo de reducir los costos asociados a pruebas y repotenciación de instalaciones. Además, [5] sugieren realizar evaluaciones estadísticas de las estaciones de carga rápida, considerando aspectos de la demanda relacionados con la autonomía de los vehículos y la eficiencia de las baterías a lo largo del tiempo.

El desarrollo y la evolución de los vehículos eléctricos han experimentado diversas etapas desde el siglo XIX hasta la actualidad. Los avances tecnológicos y una creciente conciencia ambiental han impulsado la adopción de VE como una solución viable y sostenible para el transporte. Los VE no solo ofrecen beneficios ambientales al reducir las emisiones de CO_2, sino que también presentan ventajas económicas, como menores costos de funcionamiento y mantenimiento. No obstante, la autonomía de los VE sigue siendo un factor crítico para su adopción masiva, y los avances en la tecnología de baterías son esenciales para mejorar la distancia que los VE pueden recorrer sin necesidad de recarga.

La infraestructura de carga se erige como un componente clave para el éxito de la movilidad eléctrica. La instalación de estaciones de carga debe ser eficiente y accesible para los usuarios de VE [6]. En este sentido, las estaciones de carga con energía solar representan una solución innovadora y sostenible, aprovechando una fuente de energía renovable y reduciendo la dependencia de la red eléctrica convencional. La optimización de la eficiencia y la fiabilidad de estas estaciones es fundamental para su implementación exitosa.

Los desafíos asociados con la implementación de estaciones de carga incluyen barreras técnicas, económicas y de políticas. Para superar estas barreras y promover la adopción de VE, es necesaria la cooperación entre los sectores público y privado. La integración de estaciones de carga solar con redes inteligentes, junto con la adopción de normativas y estándares adecuados, puede facilitar un crecimiento sostenible de la infraestructura de carga. En última instancia, la adopción de vehículos eléctricos y la implementación de estaciones de carga son fundamentales para avanzar hacia la movilidad eléctrica y la sostenibilidad ambiental [7]. Los avances en la tecnología de baterías y la infraestructura de carga son esenciales para superar los desafíos y aprovechar los beneficios de los VE. La cooperación entre diferentes sectores y la adopción de políticas públicas adecuadas son cruciales para promover un crecimiento sostenible y acelerado de la movilidad eléctrica [8].

Esta investigación tiene como objetivo desarrollar un método neutrosófico para evaluar el impacto de los vehículos eléctricos, considerando la infraestructura de carga y la sostenibilidad.

2 Diseño del método para la evaluación del impacto de los VE basado en la infraestructura de carga y sostenibilidad

Esta sección se centra en el diseño del método propuesto para evaluar el impacto de los vehículos eléctricos, considerando tanto la infraestructura de carga como la sostenibilidad. La etapa de procesamiento garantiza la inferencia a través de una serie de actividades interrelacionadas. Estas actividades comprenden: la identificación de los criterios evaluativos relevantes; la determinación de las relaciones causales entre dichos criterios; la obtención del Mapa Cognitivo Neutrosófico (MCN) resultante de estas relaciones; y la inferencia del proceso en su conjunto.

El MCN es una herramienta poderosa para modelar sistemas complejos, ya que permite representar las relaciones causales entre diferentes variables, así como el grado de incertidumbre asociado a estas relaciones. En el contexto de la evaluación del impacto de los VE, el MCN permite capturar la interdependencia entre factores como la disponibilidad de infraestructura de carga, la eficiencia energética, el impacto ambiental y los aspectos socioeconómicos. Al modelar estas relaciones de manera explícita, el MCN facilita la comprensión de cómo las decisiones relacionadas con la infraestructura de carga pueden influir en la sostenibilidad general del sistema de movilidad eléctrica. La figura 1 ilustra el flujo detallado de la etapa de procesamiento, proporcionando una visión clara de la secuencia de actividades y la interconexión dentro del método propuesto.

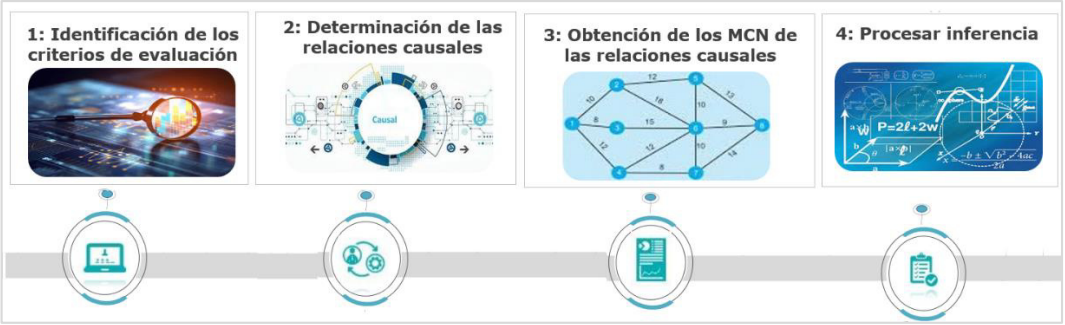


Figura 1. Flujo de trabajo de la etapa de procesamiento.

Actividad 1: Identificación de los criterios evaluativos.

La actividad inicia con la identificación de los expertos que intervienen en el proceso. A partir del trabajo del grupo de experto se determinan los criterios que se tendrán en cuenta para la inferencia del proceso. La actividad utiliza un sistema de trabajo en grupo mediante un enfoque multicriterios. Formalmente se puede definir el problema de recomendación de la evaluación del impacto de los VE, mediante:

El número de indicadores evaluativos del proceso donde:

$$I = \{i_1, \dots i_n\} \quad (1)$$

El número de expertos que interviene en la valoración multicriterio donde:

$$E = \{m_1, \dots m_n\} \quad (2)$$

El resultado de la actividad es la obtención de los diferentes indicadores evaluativos sobre los perfiles de evaluación basado en la infraestructura de carga y sostenibilidad de los VE.

Actividad 2: determinación de las relaciones causales de los criterios.

Una vez obtenidos los criterios evaluativos, se determina las relaciones causales. Las relaciones causales constituyen la expresión de causalidad entre los diferentes criterios evaluativos. La determinación de las relaciones causales consiste en establecer a partir del trabajo en grupo la implicación entre conceptos. La información resultante representa el conocimiento primario para nutrir el proceso de inferencia.

Las relaciones causales son representadas por variables difusas expresadas como términos lingüísticos. En los modelos lingüísticos se suelen usar conjuntos de etiquetas lingüísticas con granularidad no superior a 13. Es común utilizar conjuntos de granularidad impar, donde existe una etiqueta central y el resto de las etiquetas se distribuyen simétricamente a su alrededor.

Actividad 3: obtención del MCN.

Durante la etapa de ingeniería del conocimiento cada experto expresa la relación que existe entre cada par de conceptos C_i y C_j del mapa. Entonces, para cada relación causal se obtienen K reglas con la siguiente estructura: Si C_i es A entonces C_j es B y el peso W_{ij} es C. Cada nodo constituye un concepto causal, esta característica hace que la representación sea flexible para visualizar el conocimiento humano. La matriz de adyacencia se obtiene a partir los valores asignados a los arcos [9].

Los valores que se obtienen por el grupo de experto que intervienen en el proceso son agregados conformándose el conocimiento general con las relaciones entre los criterios. La actividad obtiene como resultado el MCN resultante [10].

A partir de la obtención de las relaciones causales, se realiza el análisis estático [11]. Se toma de referencia el conocimiento almacenado en la matriz de adyacencia. Para el desarrollo del presente método se trabaja con el grado de salida tal como muestra la ecuación (3) [12].

$$id_i = \sum_{i=1}^{n} \left\| I_{ji} \right\| \quad (3)$$

Actividad 4: procesamientos de la inferencia:

El modelado de un sistema a través de un Mapa Cognitivo Neutrosófico (MCN) implica una representación dinámica que evoluciona con el tiempo. En este contexto, la activación de cada neurona o nodo dentro del MCN no es estática; en cambio, depende directamente del grado de activación de sus nodos antecedentes en la iteración

temporal previa [13, 14]. Esta característica es crucial, ya que refleja la interdependencia y la causalidad inherente a los sistemas complejos que el MCN busca representar.

El proceso de iteración continua, donde la activación de cada nodo influye en la activación de otros en el siguiente paso, permite simular el comportamiento del sistema a lo largo del tiempo. Esta simulación se repite típicamente hasta que el sistema alcanza un estado de equilibrio o estabilidad, o hasta que se cumple un número máximo de iteraciones predefinido. La estabilización del sistema modelado por el MCN indica que las influencias entre los nodos han alcanzado un punto en el que no se producen cambios significativos en la activación de los mismos. Este punto de equilibrio puede ser interpretado como una predicción del estado futuro del sistema, dadas las condiciones y relaciones modeladas en el MCN. En esencia, el MCN no solo representa las relaciones causales, sino que también permite simular y predecir el comportamiento del sistema a medida que evoluciona en el tiempo.

El procesamiento para la inferencia, consiste en calcular el vector de estado A a través del tiempo, para una condición inicial A^0 [15]. De forma análoga a otros sistemas neuronales, la activación de C_i dependerá de la activación las neuronas que inciden directamente sobre el concepto C_i y de los pesos causales asociados a dicho concepto. La ecuación 6 muestra la expresión utilizada para el procesamiento.

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1;\, j\neq i}^{n} A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \tag{4}$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji}: es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y f (x) es la función de activación.

Los sistemas inestables pueden ser totalmente caóticos o cíclicos, y son frecuentes en modelos continuos. El proceso de inferencia en un MCN puede mostrar una de las siguientes características:

- Estados de estabilidad: si $\exists tk \in \mathbb{N}$: $A_i^{(t+x)} = A_i^{(t)} \forall t > tk$ por tanto, después de la iteración tk el MCN producirá el mismo vector de estado. Después esta configuración es ideal, pues representa la codificación de un patrón oculto en la causalidad [16].
- Estados cíclicos: si $\exists tk, P \in \mathbb{N}$: $A_i^{(t+p)} = A_i^{(t)} \forall t > tk$. El mapa tiene un comportamiento cíclico con periodo P. En este caso el sistema producirá el mismo vector de estado cada P-ciclos del proceso de inferencia [17].
- Estado caótico: el mapa produce un vector de estado diferente en cada ciclo. Los conceptos siempre varían su valor de activación [18].

3 Implementación del método neutrosófico para la evaluación del impacto de los VE basado en la infraestructura de carga y sostenibilidad

La presente sección ilustra la implementación del método propuesto para evaluar el impacto de los VE basado en la infraestructura de carga y sostenibilidad. Se describe un estudio de caso centrado en un parque de vehículos eléctricos en Ecuador, donde se llevará a cabo un análisis exhaustivo del impacto del uso y generalización de estos vehículos. A continuación se describen los resultados del estudio:

Actividad 1 Identificación de los criterios evaluativos:

El panel de expertos consultados para la identificación de los criterios evaluativos en este estudio estuvo compuesto por cinco profesionales con experiencia y conocimientos específicos en las siguientes áreas:

- Experto 1: Ingeniero eléctrico con especialización en sistemas de potencia y energías renovables. Este experto posee más de 10 años de experiencia en el diseño e implementación de sistemas de generación distribuida con energías renovables, incluyendo la integración de paneles solares en estaciones de carga para vehículos eléctricos. Su experiencia se centra en la optimización de la eficiencia energética y la gestión de la demanda en redes eléctricas inteligentes.
- Experto 2: Ingeniero ambiental con enfoque en evaluación de impacto ambiental y sostenibilidad. Con una trayectoria de 8 años en consultoría ambiental, este experto ha participado en numerosos estudios de impacto ambiental relacionados con proyectos de infraestructura, incluyendo la evaluación de los beneficios ambientales de la adopción de vehículos eléctricos en términos de reducción de emisiones y mejora de la calidad del aire.
- Experto 3: Economista con experiencia en análisis de costo-beneficio de proyectos de movilidad sostenible. Este economista ha trabajado durante 12 años en la evaluación económica de proyectos de

transporte público y movilidad sostenible, incluyendo la estimación de los costos y beneficios asociados con la adopción de vehículos eléctricos, como la reducción de costos de operación y mantenimiento, y el impacto en la economía local.

- Experto 4: Planificador Urbano con experiencia en diseño de infraestructura para vehículos eléctricos. Este experto ha trabajado durante 15 años en la planificación y diseño de infraestructura urbana, incluyendo la ubicación estratégica de estaciones de carga para vehículos eléctricos, considerando factores como la densidad de población, el flujo de tráfico y la disponibilidad de espacio público.
- Experto 5: Especialista en políticas públicas y regulación del sector energético. Con una experiencia de 7 años en el sector público, este experto ha participado en la formulación e implementación de políticas públicas y regulaciones relacionadas con la eficiencia energética, la movilidad sostenible y la promoción de energías renovables. Su trabajo se centra en la creación de incentivos para la adopción de vehículos eléctricos y el desarrollo de una infraestructura de carga accesible y confiable.

Este panel multidisciplinario asegura una visión integral y balanceada de los aspectos técnicos, ambientales, económicos y sociales relacionados con la evaluación del impacto de los vehículos eléctricos y su infraestructura de carga, garantizando la pertinencia y validez de los criterios evaluativos identificados.

El grupo de expertos consultados representa la base para la definición de los criterios evaluativos y las relaciones causales. A partir del trabajo realizado por el grupo de expertos se identificaron el conjunto de criterios. La tabla 1 muestra el resultado de los criterios identificados.

Tabla 1. Criterios evaluativos.

No.	Criterios
1	Eficiencia energética de la infraestructura de carga: Este criterio evalúa la eficiencia con la que la infraestructura de carga suministra energía a los VE. Se considera la cantidad de energía perdida durante el proceso de carga, la optimización del uso de la red eléctrica y la integración de fuentes de energía renovables, como la solar, en la infraestructura. Una alta eficiencia energética implica un menor consumo de energía primaria para cargar los VE, lo que reduce la huella de carbono y los costos operativos. Se evalúan métricas como la tasa de conversión de energía, las pérdidas en el sistema de carga y el uso de sistemas de gestión de energía inteligentes.
2	Impacto ambiental de la generación de energía para la carga: Este criterio mide el impacto ambiental asociado con la generación de la energía utilizada para cargar los VE. Se considera el origen de la energía (fuentes renovables vs. combustibles fósiles), las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes atmosféricos. Un menor impacto ambiental implica una mayor proporción de energía renovable en la mezcla energética y menores emisiones de GEI. Se evalúan métricas como las emisiones de CO^2 por kWh de energía consumida, el uso de energías renovables y la implementación de tecnologías de captura y almacenamiento de carbono.
3	Disponibilidad y accesibilidad de la infraestructura de carga: Este criterio evalúa la disponibilidad y accesibilidad de las estaciones de carga para los usuarios de VE. Se considera la cantidad de estaciones de carga disponibles, su ubicación estratégica, los tiempos de carga, la interoperabilidad de los sistemas de carga y la facilidad de acceso para diferentes tipos de usuarios. Una alta disponibilidad y accesibilidad implica una mayor comodidad para los usuarios de VE, lo que fomenta su adopción y uso. Se evalúan métricas como la densidad de estaciones de carga por kilómetro cuadrado, los tiempos de espera promedio, la cobertura geográfica y la disponibilidad de diferentes tipos de conectores.
4	Impacto socioeconómico de la adopción de VE y la infraestructura de carga: Este criterio evalúa los efectos socioeconómicos de la adopción de VE y la implementación de la infraestructura de carga. Se considera la creación de empleos, el desarrollo de nuevas industrias, la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles, la mejora de la calidad del aire y los beneficios para la salud pública. Un impacto socioeconómico positivo implica un mayor bienestar para la sociedad en su conjunto. Se evalúan métricas como la creación de empleos directos e indirectos, el aumento del PIB, la reducción de costos de salud y la mejora de la calidad de vida.

Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales de los criterios:

Para la identificación de las relaciones causales se obtuvo la información del grupo de expertos que participa en el proceso. Como resultado se identificación 5 matrices de adyacencia con el conocimiento expresado por cada experto. Las matrices pasaron por un proceso de agregación en la que se genera como resultado final una matriz de adyacencias resultante. La tabla 2 muestra la matriz de adyacencia resultante del proceso.

Tabla 2. Matriz de adyacencia de los criterios evaluativos.

	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	[0.00]	[1,0,0]	[0.90,0,15,0.20]	[1,0,0]
C_2	[1,0,0]	[0.00]	[0.8,0,15,0.20]	[1,0,0]
C_3	[0.90,0,15,0.20]	[0.8,0,15,0.20]	[0.00]	[0.90,0,15,0.20]
C_4	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]	[0.00]

Actividad 3 obtención del MCN:

Una vez obtenidos los indicadores evaluativos y sus relaciones causales correspondientes en la actividad 2, se realiza la representación del conocimiento en el MCN resultante.

Actividad 4 procesamientos de la inferencia:

La matriz de adyacencia posee el conocimiento necesario para determinar los pesos atribuidos a cada indicador evaluativo. Para calcular los pesos, se emplea la ecuación 3. La tabla 3 muestra los resultados del cálculo realizado.

Tabla 3: Peso atribuido a los criterios evaluativos

ID	Criterio evaluativo	Peso
C_1	Eficiencia energética de la infraestructura de carga	[0.96,0,15,0.20]
C_2	Impacto ambiental de la generación de energía para la carga	[0.93,0,15,0.20]
C_3	Disponibilidad y accesibilidad de la infraestructura de carga	[0.86,0,15,0.20]
C_4	Impacto socioeconómico de la adopción de VE y la infraestructura de carga	[1,0,0]

Una vez determinado los pesos de los indicadores. Se determinan las preferencias del comportamiento de 7 casos de análisis. Las tabla 4 muestran los resultados del cálculo realizado.

Tabla 4: Cálculo de preferencias atribuidas al impacto de la rabia bovina en la ganadería.

Criterio	Peso	Preferencia	Agregación
C_1	[0.96,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.98,0,15,0.20]
C_2	[0.93,0,15,0.20]	[0.9, 0.1, 0.1]	[0.91,0,15,0.20]
C_3	[0.86,0,15,0.20]	[1,0,0]	[0.93,0,15,0.20]
C_4	[1,0,0]	[1,0,0]	[1,0,0]
Índice			[0.95,0,15,0.20]

La figura 2 muestra una gráfica las preferencias del comportamiento de 7 casos de análisis.

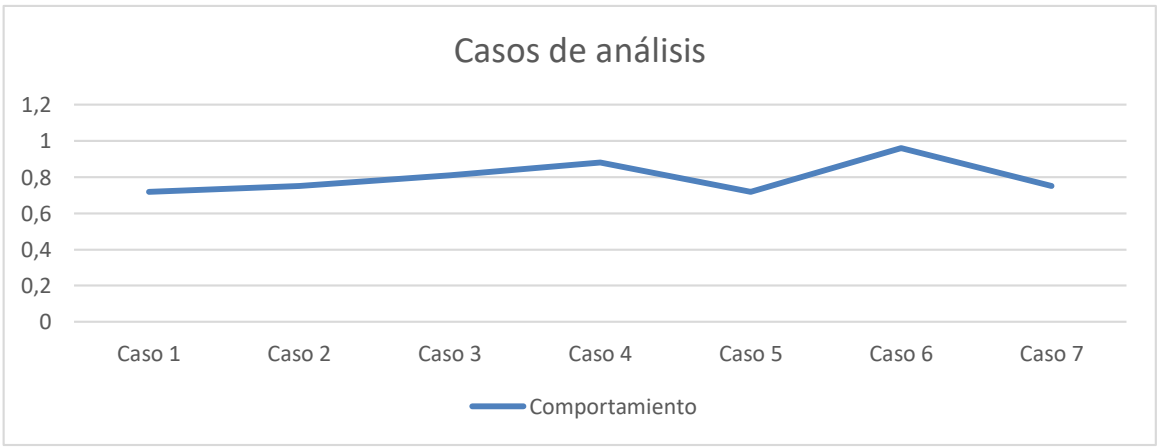


Figura 2. Comportamiento de los diferentes casos de análisis.

A partir de la simulación, se identificaron los casos 2, 4 y 7 como los más críticos. Estos casos son descritos a continuación:

Caso 2: Este caso se caracteriza por una limitada disponibilidad de estaciones de carga en relación con la alta demanda de los usuarios del parque de vehículos eléctricos. La insuficiente infraestructura genera largas colas y tiempos de espera prolongados para la carga, lo que disminuye la comodidad y la eficiencia para los usuarios. Adicionalmente, la red eléctrica existente no está preparada para soportar la alta demanda, lo que ocasiona fluctuaciones en el suministro y posibles cortes de energía. El impacto ambiental de la generación de energía para la carga es elevado debido a la dependencia de fuentes no renovables y la ineficiencia en la distribución. Socioeconómicamente, la falta de infraestructura limita el crecimiento del parque de vehículos eléctricos y desincentiva la adopción de esta tecnología.

Caso 4: En este escenario, la infraestructura de carga presenta una baja eficiencia energética, lo que significa que una proporción significativa de la energía se pierde durante el proceso de carga. Esto se debe a la utilización de tecnologías obsoletas y la falta de mantenimiento adecuado. Adicionalmente, la energía utilizada para cargar los vehículos proviene principalmente de fuentes no renovables, como plantas termoeléctricas a base de combustibles fósiles, lo que genera un alto impacto ambiental en términos de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminación del aire. El impacto socioeconómico es negativo, ya que la dependencia de combustibles fósiles perpetúa la vulnerabilidad ante la volatilidad de los precios del petróleo y contribuye a problemas de salud pública derivados de la contaminación.

Caso 7: Este caso se caracteriza por una falta de planificación y diseño adecuado de la infraestructura de carga, lo que resulta en una ubicación ineficiente de las estaciones, una falta de interoperabilidad entre los diferentes sistemas de carga y una limitada accesibilidad para los usuarios. La falta de planificación también se traduce en una inadecuada gestión de la demanda, lo que genera problemas de congestión en la red eléctrica y dificultades para integrar fuentes de energía renovables. El impacto socioeconómico es negativo, ya que la falta de planificación limita el potencial de crecimiento del parque de vehículos eléctricos y genera frustración entre los usuarios, lo que dificulta la adopción de esta tecnología como una alternativa viable al transporte tradicional.

Los resultados del estudio has demostrado la importancia crítica de varios factores interrelacionados para el éxito y la sostenibilidad de la movilidad eléctrica, tal como se evidenció en el análisis del parque de vehículos eléctricos en Ecuador.

En primer lugar, la evolución continua de la tecnología de baterías emerge como un pilar fundamental. Los casos analizados, particularmente el caso 4, resaltan cómo una baja eficiencia energética y un alto impacto ambiental están directamente ligados a la necesidad de baterías más eficientes y con mayor autonomía. Las innovaciones en este campo son esenciales para superar las limitaciones actuales y fomentar una adopción más amplia de los VE, reduciendo la dependencia de fuentes de energía no renovables y minimizando las emisiones contaminantes.

En segundo lugar, se reafirma que la infraestructura de carga es un componente crucial para el éxito de los VE. Los casos 2 y 7 ilustran cómo la falta de disponibilidad, accesibilidad y planificación adecuada de las estaciones de carga pueden obstaculizar la adopción de VE y generar frustración entre los usuarios. La inversión en una infraestructura de carga robusta, ubicaciones estratégicas, interoperabilidad y la integración de fuentes de energía renovables, como la solar, son fundamentales para promover la movilidad eléctrica y reducir la dependencia de combustibles fósiles. En tercer lugar, se subraya la necesidad de una cooperación efectiva entre el sector público, el sector privado y la sociedad civil.

4 Discusión

En la evaluación del impacto de los vehículos eléctricos (VE) y su infraestructura de carga, es crucial considerar varios aspectos que sustentan la viabilidad y sostenibilidad de esta tecnología. Los VE representan una oportunidad significativa para reducir las emisiones de CO_2, lo cual es fundamental para la sostenibilidad global [19]. Además, ofrecen ventajas económicas palpables, incluyendo menores costos de funcionamiento y mantenimiento en comparación con los vehículos de combustión interna. En este contexto, los VE emergen como una respuesta directa a la dependencia de los combustibles fósiles y sus consiguientes impactos medioambientales adversos. De hecho, la tecnología de emisiones cero tiene el potencial de reemplazar a los vehículos de combustión interna, transformando radicalmente el panorama del transporte [20].

Un factor crítico en la adopción de VE es la autonomía, definida como la distancia máxima que un VE puede recorrer sin necesidad de recargar sus baterías, y cuya determinación se basa en ciclos de homologación. Para optimizar esta autonomía y el rendimiento general, la selección de tecnologías de almacenamiento de energía se torna esencial, especialmente en el contexto de estaciones de carga solar [21]. La gestión eficiente de la energía generada por paneles solares, a través de sistemas de almacenamiento como baterías de iones de litio, no solo optimiza el autoconsumo sino que también reduce la dependencia de la red eléctrica convencional [3].

Las infraestructuras de carga son, por tanto, fundacionales para la adopción masiva de la movilidad eléctrica. Estas infraestructuras se clasifican en diferentes tipos, como la carga lenta (Nivel 1), semi-rápida (Nivel 2) y rápida (Nivel 3 o DCFC), y su disponibilidad y eficiencia son cruciales para el desarrollo de la movilidad eléctrica [22]. Una infraestructura de carga accesible y eficiente es vital para abordar la preocupación por la autonomía, especialmente en áreas urbanas y rutas de larga distancia, y tiene un impacto positivo en la economía y la infraestructura

energética general.

A pesar de los beneficios evidentes, la implementación de la infraestructura de carga enfrenta desafíos como el costo inicial de instalación, el mantenimiento continuo y la integración con la infraestructura eléctrica existente. Además, la interoperabilidad entre diferentes estaciones y vehículos es crucial para garantizar una experiencia óptima para los usuarios. Superar estos desafíos fomenta la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y mejora la calidad del aire urbano, además de ofrecer beneficios económicos, como la creación de empleo y la reducción de costos operativos para los propietarios de vehículos eléctricos.

En el contexto específico de Ecuador, la adopción de vehículos eléctricos se encuentra en una fase inicial, pero se proyecta un aumento significativo para 2040, impulsado por una creciente conciencia climática y la reducción de los precios de los VE [23]. Este panorama destaca la necesidad de una planificación estratégica y la inversión en infraestructura de carga para asegurar un futuro sostenible en el transporte [24].

5 Conclusión

La implementación del Método Neutrosófico para la evaluación del impacto de los vehículos eléctricos (VE) basado en la infraestructura de carga y sostenibilidad ha demostrado ser una herramienta valiosa para identificar áreas críticas que requieren atención. Los resultados obtenidos permitieron considerar factores técnicos, ambientales, económicos y sociales, proporcionando una visión integral del impacto de la movilidad eléctrica. La capacidad del método para manejar la incertidumbre y la información incompleta resultó particularmente útil al analizar escenarios complejos con datos limitados, facilitando la toma de decisiones informadas y el diseño de estrategias efectivas para promover una adopción más sostenible y equitativa de los VE.

Los desafíos identificados en los casos analizados requieren un enfoque colaborativo para superar las barreras económicas, técnicas y regulatorias que dificultan el desarrollo de la infraestructura de carga y la promoción de los VE. Un marco de colaboración sólido puede facilitar la implementación de políticas de incentivos, la inversión en investigación y desarrollo, y la creación de un entorno favorable para la adopción de VE.

En este contexto, se destaca la importancia de la educación y la concienciación pública. La información sobre los beneficios de los VE y la sostenibilidad ambiental es esencial para aumentar la aceptación y la demanda de estos vehículos. Campañas informativas, programas educativos y la promoción de experiencias positivas con los VE pueden desempeñar un papel fundamental en cambiar las percepciones y los comportamientos del público, fomentando así una transición hacia una movilidad más limpia y sostenible.

Referencias

[1] R. Basso, B. Kulcsár, B. Egardt, P. Lindroth, and I. Sanchez-Diaz, "Energy consumption estimation integrated into the electric vehicle routing problem," *Transportation Research Part D: Transport and Environment,* vol. 69, pp. 141-167, 2019.

[2] T. Alquthami, A. Alsubaie, M. Alkhraijah, K. Alqahtani, S. Alshahrani, and M. Anwar, "Investigating the impact of electric vehicles demand on the distribution network," *Energies,* vol. 15, no. 3, pp. 1180, 2022.

[3] O. Kanz, A. Reinders, J. May, and K. Ding, "Environmental impacts of integrated photovoltaic modules in light utility electric vehicles," *Energies,* vol. 13, no. 19, pp. 5120, 2020.

[4] J. E. Guasumba-Maila, D. D. Oramas-Proaño, M. A. Trujillo-León, and D. A. Rojas-Cobos, "Factibilidad de los Vehiculos Electricos enla Problemática Energetica del Mundo," *Polo del Conocimiento,* vol. 6, no. 8, pp. 1084-1095, 2021.

[5] P. Otero, L. Mera, and E. Calle, "Aplicación de la Simulación de Montecarlo para el Análisis de la Implementación de Estaciones de Carga Rápida para Vehículos Eléctricos en la Provincia de Galápagos," *Revista Técnica energía,* vol. 17, no. 2, pp. 143-152, 2021.

[6] G. E. M. Maurad, and L. V. S. Parrales, "Métodos de reciclaje de las baterías utilizadas en vehículos eléctricos en el Ecuador," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 6, pp. 200-210, 2024.

[7] J. B. Lopez, O. M. Reyes, C. S. Lara, and A. G. M. Yanzapanta, "Selección del motor y análisis estructural fem del vehículo tipo volksrod de propulsión eléctrica," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 4, pp. 342-367, 2023.

[8] D. D. P. Valdez, and C. R. C. Plúa, "Arquitectura empresarial para el desarrollo de un prototipo de Terminal de Autobuses Inteligente en la ciudad de Quinindé," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 5, pp. 86-105, 2023.

[9] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[10] A. P. Anninou, and P. P. Groumpos, "A new mathematical model for fuzzy cognitive maps-application to medical problems," *Системная инженерия и информационные технологии,* vol. 1, no. 1, pp. 63-66, 2019.

[11] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.

[12] M. Y. L. Vasquez, G. S. D. Veloz, S. H. Saleh, A. M. A. Roman, and R. M. A. Flores, "A model for a cardiac disease diagnosis based on computing with word and competitive fuzzy cognitive maps," *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil,* vol. 19, no. 1, 2018.

[13] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[14] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[15] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.

[16] M. Amer, A. Jetter, and T. Daim, ″Development of fuzzy cognitive map (FCM)-based scenarios for wind energy,″ *International Journal of Energy Sector Management*, 2011.

[17] G. Felix, G. Nápoles, R. Falcon, W. Froelich, K. Vanhoof, and R. Bello, "A review on methods and software for fuzzy cognitive maps," *Artificial Intelligence Review,* vol. 52, no. 3, pp. 1707-1737, 2019.

[18] H. Song, C. Miao, Z. Shen, W. Roel, D. Maja, and C. Francky, "Design of fuzzy cognitive maps using neural networks for predicting chaotic time series," *Neural Networks,* vol. 23, no. 10, pp. 1264-1275, 2010.

[19] A. G. C. Medina, E. F. L. Espinel, G. V. P. Silva, and J. A. R. Buenaño, "Examen de la transición hacia la movilidad eléctrica: impacto de la infraestructura de carga en la adopción de vehículos eléctricos enchufables," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2024.

[20] Z. Ji, and X. Huang, "Plug-in electric vehicle charging infrastructure deployment of China towards 2020: Policies, methodologies, and challenges," *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* vol. 90, pp. 710-727, 2018.

[21] A. Hassoun, P. K. Linden, and B. Friedman, "Incidence, prevalence, and management of MRSA bacteremia across patient populations—a review of recent developments in MRSA management and treatment," *Critical care,* vol. 21, pp. 1-10, 2017.

[22] A. Balal, and M. Giesselmann, "Design of a Level-3 electric vehicle charging station using a 1-MW solar system via the distributed maximum power point tracking technique," *Clean Energy,* vol. 8, no. 1, pp. 23-35, 2024.

[23] J. A. Sanguesa, V. Torres-Sanz, P. Garrido, F. J. Martinez, and J. M. Marquez-Barja, "A review on electric vehicles: Technologies and challenges," *Smart Cities,* vol. 4, no. 1, pp. 372-404, 2021.

[24] C. C. Tapia, G. T. Estrella, G. V. Ortega, and R. S. Flores, "Análisis de calidad y eficiencia energética en el sistema de distribución del SECAP-Ambato," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 5, no. 4, pp. 21-40, 2023.

Recibido: febrero 27, 2025. Aceptado: marzo 17, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Método neutrosófico para el análisis de las implicaciones ético - legales en la captura de personas con problemas de adicciones en Ecuador

Neutrosophic method for the analysis of the ethical-legal implications in the capture of people with addiction problems in Ecuador

Edison Joselito Naranjo Luzuriaga[1], Bolívar David Narváez Montenegro [2], and Pablo Ermely Espinoza Pico[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.edisonnarajo@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.bolivarnarvaez@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.pabloep80@uniandes.edu.ec

Resumen. En Ecuador, la captura de personas con problemas de adicciones por parte de Centros Especializados de Tratamiento para Adicciones (CETAD) mediante métodos poco ortodoxos es una problemática creciente, especialmente visible en redes sociales. Estas prácticas afectan la integridad mental y física de los individuos, generando interrogantes sobre el desempeño ético y legal de los CETAD, así como la efectividad del control gubernamental. La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un método neutrosófico para el análisis de las implicaciones ético-legales en la captura de personas con problemas de adicciones en Ecuador. Se busca evaluar la congruencia de estas acciones con la dignidad y los derechos humanos, ante la aparente falta de control sancionatorio por parte de las entidades gubernamentales. Es crucial enfatizar el respeto irrestricto a los principios éticos y los derechos humanos, dado que su vulneración puede acarrear graves consecuencias legales.

Palabras Claves: método neutrosófico, derechos humanos, tratamiento, rehabilitación, delitos.

Abstract. In Ecuador, the capture of people with addiction problems by Specialized Addiction Treatment Centers (CETAD) using unorthodox methods is a growing problem, especially visible on social networks. These practices affect the mental and physical integrity of individuals, raising questions about the ethical and legal performance of the CETAD, as well as the effectiveness of government control. The present research aims to develop a neutrosophic method for the analysis of the ethical-legal implications in the capture of people with addiction problems in Ecuador. It seeks to evaluate the congruence of these actions with dignity and human rights, given the apparent lack of sanctioning control by government entities. It is crucial to emphasize the unrestricted respect for ethical principles and human rights, given that their violation can lead to serious legal consequences.

Keywords: neutrosophic method, human rights, treatment, rehabilitation, crimes

1 Introducción

Según estadísticas y autores como [1], desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad, se han implementado diversas acciones y estrategias con el objetivo de combatir el narcotráfico y el consumo de sustancias estupefacientes. Sin embargo, los resultados observados no han sido del todo alentadores en la erradicación de este problema, el cual afecta a la población sin distinción de género, raza, edad o estatus social.

En la década de los años 50, se identificaron las primeras políticas prohibicionistas enfocadas en el uso de drogas, motivadas por el elevado número de personas adictas al opio, principalmente en países como Gran Bretaña y Estados Unidos. En 1961, la ONU propuso la primera convención destinada al control de sustancias ilícitas, donde se popularizó la frase "lucha contra las drogas", impulsada por el entonces presidente Richard Nixon. Dichas políticas restrictivas fueron adoptadas rápidamente por numerosos países, incluyendo a los de Latinoamérica [2].

En la actualidad, existe un debate sobre la pertinencia de estas políticas restrictivas. El análisis realizado por [3] revela que un número creciente de países europeos y latinoamericanos han optado por flexibilizar estas normativas, particularmente en relación con sustancias como la marihuana. Esta sustancia se utiliza en diversos programas y tratamientos terapéuticos, así como en actividades recreativas, generando una demanda social por un cambio de mentalidad respecto al uso de estas sustancias e incluso la exploración de su despenalización [4].

Para autores como [5], los cambios en los estigmas sociales, producto de la globalización, han dado lugar a ideas vinculadas con la libertad de expresión, la libertad de pensamiento, los derechos humanos y el respeto a las diversidades sociales. Se argumenta que estas ideas han influido en el aumento del consumo de drogas a nivel global, lo que ha impulsado la venta y distribución de estas sustancias a gran escala, convirtiéndolo en un negocio de alta rentabilidad y con perspectivas de persistencia a largo plazo si no se implementan medidas efectivas en la lucha contra las drogas.

Datos de la Organización de Naciones Unidas (ONU) indican que aproximadamente 296 millones de personas a nivel mundial consumen algún tipo de droga, lo que representa un 5,8% de la población mundial entre los 15 y 64 años. Se considera fundamental comprender las causas del elevado consumo de drogas en la sociedad. Desde una perspectiva médico-psicológica, [6] sugieren que el factor cultural de una sociedad es un elemento clave a considerar en el diseño de políticas públicas para el combate a las drogas. Este componente resulta decisivo al realizar cualquier tipo de análisis. En este contexto, se ha observado que los problemas relacionados con el consumo de estas sustancias se asocian con síntomas conductuales, cognitivos y psicofisiológicos, lo que puede llevar a los individuos a utilizar una determinada droga de manera frecuente, dando inicio a una adicción [7, 8].

Diversos gobiernos han implementado acciones para mitigar esta problemática global. En América Latina, incluyendo Ecuador, se han desarrollado programas que abordan temas de prevención, concienciación e información sobre el uso de drogas. A pesar de estos esfuerzos, [9] señalan que resulta insuficiente, siendo necesario implementar programas especializados con un enfoque comunitario.

En Ecuador, la legislación sobre drogas y sustancias sujetas a fiscalización históricamente ha sido una de las más punitivas de la región. Sin embargo, a partir de 2008, durante el gobierno de Rafael Correa, se implementaron modificaciones legislativas con una orientación hacia la descriminalización de los consumidores.

La situación actual del Ecuador en cuanto al consumo de drogas y las acciones gubernamentales para su prevención o tratamiento contrasta notablemente con la información presentada en las páginas web de diversas instituciones estatales, como el Ministerio de Salud Pública (MSP) o la Agencia de Aseguramiento de la Calidad de los Servicios de Salud y Medicina Prepagada (ACCES). En estos espacios, se describen acciones favorables y resultados alentadores de los programas implementados, lo cual resulta incongruente con la realidad observada en la sociedad.

Ante esta problemática persistente y la limitada infraestructura estatal destinada al tratamiento de drogodependencias, surgen los denominados Centros Especializados para el Tratamiento de Adicciones (CETAD). Estas organizaciones, de carácter público o privado, tienen como función realizar actividades orientadas a la prevención, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación, reducción de daños, inclusión e integración social de personas con trastornos mentales y del comportamiento derivados del consumo de sustancias psicoactivas [10].

El número de establecimientos privados que ofrecen tratamientos para adicciones es considerablemente mayor al de los centros estatales. Varios de estos centros privados están conformados por exconsumidores que buscan compartir sus experiencias con otras personas. Sin embargo, desde la conformación de estos centros de rehabilitación, su funcionamiento interno y sus prácticas de tratamiento, se ha evidenciado una extensa lista de denuncias, principalmente por violaciones a derechos humanos, malos tratos, agresiones físicas, maltrato psicológico, privaciones de libertad, violencia sexual e incluso casos de deshomosexualización [10].

La presente investigación se enfoca en el proceso de captura o recogida de personas con problemas de adicción, ya sea en las calles o en sus hogares, por parte de estos centros de rehabilitación, dejando de lado, aunque sin restar importancia, los acontecimientos carentes de ética y valores mencionados anteriormente.

Para [11], este tipo de prácticas genera una serie de cuestionamientos a favor y en contra de quienes las realizan, en algunos casos con la autorización de familiares de las personas con adicciones y, en otros casos, por voluntad propia, motivados por un espíritu de solidaridad y ayuda a quienes consideran que lo necesitan. El debate se centra en la forma en que se capturan a estas personas, el ambiente generado en torno a los procedimientos utilizados por estos centros para atraparlos, y las posibles violaciones a los derechos constitucionales debido a la forma de proceder, que en muchos casos puede ser brusca, grosera e incluso violenta por parte de quienes capturan a personas con problemas de adicción a drogas y otras sustancias.

Actualmente, este tipo de procedimientos ha tenido gran repercusión a nivel nacional, donde las redes sociales han jugado un papel importante en la divulgación de estas prácticas. Videos, fotografías y testimonios muestran cómo se capturan a las personas con adicciones y se les traslada a estos centros de rehabilitación, generando tanto apoyo como rechazo por parte de la sociedad, lo que a su vez genera conflictos de opinión y debates [12].

Con los antecedentes expuestos, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un Método Neutrosófico para el análisis de las implicaciones ético - legales en la captura de personas con problemas de adicciones por parte de centros de rehabilitación en Ecuador.

2 Materiales y métodos

El análisis de las implicaciones ético - legales en la captura de personas con problemas de adicciones, puede ser modelado como un problema de toma de decisión multicriterio [13]. De modo que se tenga [14, 15]:

- Un conjunto de casos de captura de personas con problemas de adicciones $R = \{R_1, \dots R_n\}, n \geq 2$;
- Que son expuestos al conjunto de alternativas que representan las implicaciones ético - legales, objeto de estudio $I = \{I_1, \dots I_m\}, m \geq 2$;

El análisis está conformado por el grupo de criterios que determinan el perfil del caso de captura de personas con problemas de adicciones por parte de centros de rehabilitación en Ecuador, que pueden ser modelado mediante los números neutrosóficos propuestos por Smarandache [14, 16].

El nivel de impacto de un criterio se puede expresar mediante una relación directa de su influencia o la negación de este con un espectro de neutralidad representando un dominio numérico neutrosófico de Valor Único (SVN por sus siglas en inglés). El nivel de impacto es expresado mediante tres condiciones:

- Un criterio <A> pude implicar negativamente por un criterio <B> de modo que si <A> disminuye <B> disminuye según el nivel de implicación entre los conceptos con un grado de neutralidad <neutA>.
- Un criterio <A> puede implicar positivamente por un criterio <B> de modo que si <A> incrementa B incrementa según el nivel de implicación entre los conceptos con un grado de neutralidad <neutA>.
- Un criterio <A> no posee implicación por un criterio <B> de modo que las variaciones de <A> no poseen implicación en <B>.

La definición original de valor de verdad en la lógica neutrosófica es mostrado como [17-20]:

Sean $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0,1]\}n$. Un valor neutrosófico es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , a partir de cada sentencia p se tiene:

$$v(p) = (T, I, F) \quad (1)$$

El método neutrosófico para el análisis de las implicaciones ético - legales en la captura de personas con problemas de adicciones en Ecuador, se diseñó mediante un flujo de trabajo compuesto por cuatro activi-dades que en su integración realizan el análisis mediante el comportamiento de los criterios específicos. A continuación se realiza una descripción de las actividades propuestas en la figura 1.

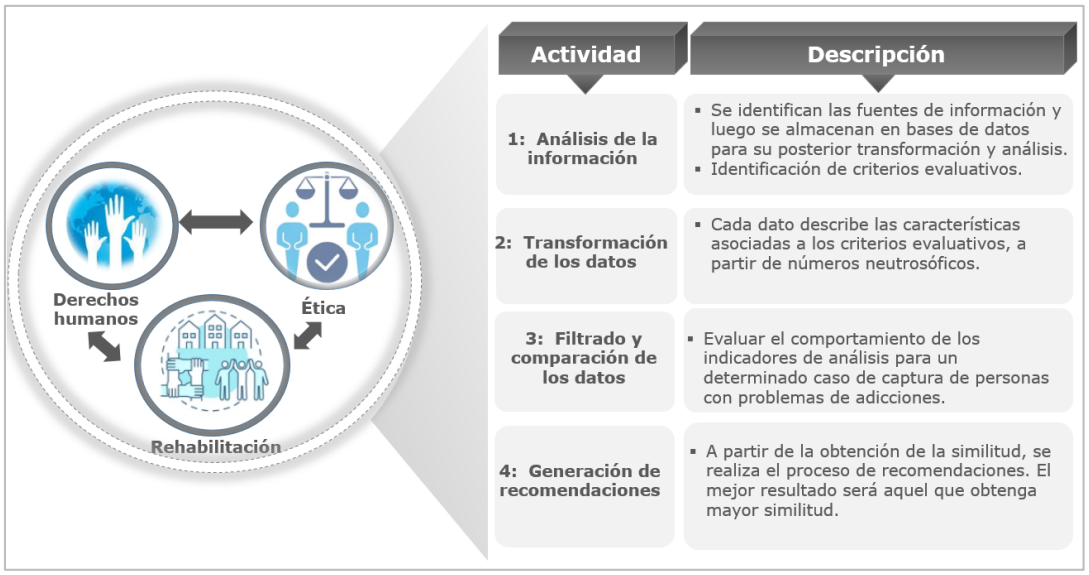


Figura 1. Flujo de trabajo del método neutrosófico compuesto por cuatro actividades.

Actividad 1 análisis de la información

Para nutrir el funcionamiento del método propuesto, se identifican las fuentes de información y luego se almacenan en bases de datos para su posterior transformación y análisis. Dicha actividad utiliza la base de conocimiento

empírica organizacional. Consiste en la recolección de informaciones históricas almacenadas sobre casos de captura de personas con problemas de adicciones por parte de centros de rehabilitación en Ecuador.

Apoyado en la neutrosofía se obtiene una mejor interpretabilidad de los datos, utilizan los conjuntos SVNS los cuales permiten el empleo de variable lingüísticas. Los criterios de evaluación son expresados mediante un universo de discurso se denota como (X). Donde el conjunto neutrosófico de valor único se define como *A* sobre *X,* el cual es un objeto de la forma, como se muestra en la ecuación 2.

$$A = \{\langle x, uA(x), rA(x), vA(x)\rangle : x \in X\}d \tag{2}$$

Donde: (x)X → [0,1], $rA(x) \rightarrow [0,1]$, $vA(x) \rightarrow [0,1]$; con $0 \leq uA(x) + rA(x) + vA(x) : \leq 3$ para todo $x \in X$. El intervalo (x), $rA(x)$ y $vA(x)$ denotan las membrecías a verdadero, indeterminado y falso de x en A, sucesivamente. El valor del conjunto neutrosófico de se expresa tal como muestra la ecuación 3.

$$A = (a, b, c) \tag{3}$$

Donde: a, b, c ∈ [0,1], a+b+c ≤ 3

Actividad 2 transformación de los datos

Cada dato describe las características asociadas a los criterios, a partir de números neutrosóficos.

Definición 1: Sea $A^* = (A_1^*, A_2^*, .., A_n^*)$ sea un vector de números SVN, tal que: $A_j{}^* = (a_j^*, b_j^*, c_j^*)$, j=(1,2, … , n), $B_i = (B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im})$ (i = 1,2, … , m), sean m vectores de n SVN números.

Tal que $B_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$($i$ = 1,2, … , m), (j = 1,2, … , n), Las B_i y A^* obtenido mediante la ecuación 4:

$$d_i = \left(\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}\left\{\left(\left|a_{ij}-a_j^*\right|\right)^2+\left(\left|b_{ij}-b_j^*\right|\right)^2+\left(\left|c_{ij}-c_j^*\right|\right)^2\right\}\right)^{\frac{1}{2}} \tag{4}$$

(i = 1,2,3… , m)

Se emplea la media de similaridad a partir de la obtención de la distancia euclidiana tal como expresa la ecuación 5.

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots v_l^j\}, j = 1, \dots n \tag{5}$$

El cálculo permite la obtención de la medida de la alternativa A_i , a partir de la similitud el método, se debe buscar cuál de los datos tienen mayor cercanía al conjunto solución S_i , mediante la vecindad se obtiene un orden de las alternativas. Mientras más pequeña sea la vecindad mayor será la similitud [21].

Actividad 3 Filtrado y comparación de los datos

La actividad consiste en evaluar el comportamiento de los indicadores de análisis para un determinado caso de captura de personas con problemas de adicciones por parte de centros de rehabilitación. Para ello se utiliza la escala lingüística S, $V_k^j \in S$.

Donde: $S = \{S_1, \dots, S_g\}$ representan el conjunto de etiquetas lingüísticas para evaluar las características del caso de captura C_k. La evaluación realizada es considerada la preferencia del proceso a partir de la cual se obtienen:

$$P = \{P_1, \dots P_e\},$$

Los valores obtenidos son comparados con los datos almacenados previamente, se realiza un proceso de comparación mediante la distancia euclidiana tal como expresa la ecuación (6).

$$S = 1 - \left(\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}\left\{\left(\left|a_{ij}-a_j^*\right|\right)^2+\left(\left|b_{ij}-b_j^*\right|\right)^2+\left(\left|c_{ij}-c_j^*\right|\right)^2\right\}\right)^{\frac{1}{2}} \tag{6}$$

La función S determina la similitud entre los valores de los datos almacenados y las preferencias obtenidas realizando la comparación con toda la vecindad existente.

Actividad 4 Generación de recomendaciones

A partir de la obtención de la similitud, se realiza el proceso de recomendaciones. Las recomendaciones se realizan a partir de los datos almacenados. Consiste en generar un ordenamiento sobre la vecindad de similitud. El mejor resultado será aquel que satisfaga las necesidades que caracterizan el caso. En términos matemáticos, los que obtengan mayor similitud.

3 Resultado

El método neutrosófico para el análisis de las implicaciones ético - legales en la captura de personas con problemas de adicciones, fue implementado analizando 7 casos tomados de 3 centros de tratamiento ambulatorio y ambulatorio intensivo en Ecuador. La investigación para nutrir la base de casos, y evitar el típico *cold start* de los sistemas de recomendación, se llevó a cabo en 2 fases, las mismas que se describen a continuación:

Fase 1: recolección y caracterización de casos: Esta fase inicial se centra en la recopilación detallada de información sobre los casos de captura de personas con adicciones observados en los tres centros de tratamiento (ambulatorio y ambulatorio intensivo). Implica un análisis documental de los protocolos de actuación de cada centro, entrevistas en profundidad con el personal (directivos, terapeutas, consejeros, etc.) y, en la medida de lo posible, con pacientes o ex-pacientes y sus familiares. Los objetivos de esta fase son:

- Identificar la diversidad de situaciones de captura, desde las más consensuadas hasta las más conflictivas.
- Documentar los procedimientos utilizados en cada caso (ej: contacto inicial, persuasión, intervención familiar, uso de la fuerza, traslado, etc.).
- Recopilar información demográfica y psicosocial relevante de las personas capturadas (edad, género, nivel socioeconómico, historial de consumo, estado de salud mental, etc.).
- Obtener testimonios sobre las percepciones y experiencias de todas las partes involucradas (capturados, familiares, personal del centro).

Fase 2: Análisis Neutrosófico de Implicaciones Ético-Legales: En esta fase, la información recopilada se somete a un análisis neutrosófico. Esto implica identificar, para cada caso, las proposiciones (argumentos) que sustentan la legalidad y eticidad de la captura, así como las proposiciones que cuestionan su legalidad y ética. La lógica neutrosófica permite manejar la incertidumbre, la imprecisión y la contradicción inherentes a estas situaciones complejas, asignando grados de verdad, falsedad e indeterminación a cada proposición. Los objetivos de esta fase fueron:

- Identificar los dilemas ético-legales centrales que surgen en la práctica de la captura.
- Evaluar el grado de aceptabilidad o inaceptabilidad de cada procedimiento de captura, considerando las diferentes perspectivas y valores en juego.
- Construir una matriz de factores (ético-legales) relevantes que influyen en la evaluación de cada caso (ej: consentimiento informado, proporcionalidad de la intervención, respeto a la dignidad, etc.).

Todos los resultados fueron almacenados en una base de casos para nutrir el método neutrosófico. Para ejemplificar la implementación del mismo, los resultados son representados mediante las alternativas I, de modo que:

$$I = \{i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6, i_7\},$$

Valorado a partir del conjunto de características C que describen los perfiles de casos de captura de personas con problemas de adicciones en Ecuador, tal que:

$C = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6\}$, descritos en la tabla 1.

Tabla 1: Descripción de los criterios evaluativos.

Criterio	Descripción	Evaluación
c_1: Consentimiento informado y voluntariedad	Evalúa si la persona con adicción otorgó su consentimiento libre, informado y voluntario para ser capturada e ingresada en un centro de tratamiento. Esto implica que la persona comprendió plenamente la naturaleza de la intervención, sus riesgos y beneficios, las alternativas disponibles y su derecho a negarse o retirarse en cualquier momento. El consentimiento debe ser explícito y documentado, idealmente por escrito.	¿Se obtuvo el consentimiento de la persona antes de la captura? ¿La persona comprendió la información relevante (naturaleza de la intervención, riesgos, beneficios, alternativas, derecho a negarse)? ¿El consentimiento fue verdaderamente voluntario, sin coerción, manipulación o influencia indebida de familiares o terceros? ¿Existe documentación del consentimiento (ej: formulario firmado)? En caso de que la persona no pueda dar su consentimiento (ej: por estar inconsciente o en crisis psicótica), ¿se siguieron los protocolos legales para la toma de decisiones sustitutivas?
c_2: Proporcionalidad y necesidad de la intervención	Examina si la captura fue una medida proporcional y necesaria en relación con la situación de la persona y los objetivos que se pretendían alcanzar. Implica evaluar si existían alternativas menos restrictivas de la libertad y si la intervención era la opción más adecuada para proteger la salud, la seguridad	¿La captura era la única opción viable para abordar la situación de la persona? ¿Se consideraron y descartaron alternativas menos restrictivas de la libertad (ej: tratamiento ambulatorio, apoyo psicosocial en el hogar)? ¿La intensidad de la intervención (la captura en sí misma) era proporcional a la gravedad de la situación y los riesgos involucrados?

Criterio	Descripción	Evaluación
	o el bienestar de la persona o de terceros.	¿Se puede justificar la necesidad de la captura en términos de proteger la salud, la seguridad o el bienestar de la persona o de terceros?
c_3: Respeto a la dignidad y la integridad personal	Evalúa si la captura se llevó a cabo de manera respetuosa con la dignidad y la integridad física y psicológica de la persona. Esto implica evitar el uso innecesario de la fuerza, el trato degradante o humillante, la exposición pública innecesaria y cualquier forma de discriminación o estigmatización.	¿Se evitó el uso innecesario de la fuerza física o la coerción? ¿Se trató a la persona con respeto y empatía? ¿Se protegió la privacidad de la persona durante la captura? ¿Se evitaron comentarios o acciones que pudieran resultar degradantes o humillantes? ¿Se respetó la identidad de género y la orientación sexual de la persona?
c_4: Debido proceso y garantías legales:	Examina si se respetaron los derechos legales de la persona durante el proceso de captura, incluyendo el derecho a ser informada sobre los motivos de la intervención, el derecho a comunicarse con un abogado y con su familia, el derecho a impugnar la decisión de captura y el derecho a un juicio justo.	¿Se informó a la persona sobre los motivos de la captura y sus derechos legales? ¿Se le brindó la oportunidad de comunicarse con un abogado y con su familia? ¿Se le permitió impugnar la decisión de captura ante una autoridad judicial? ¿Se cumplieron los plazos y procedimientos legales establecidos para la privación de la libertad?
c_5: Confidencialidad y protección de datos personales	EVALÚA si se protegió la confidencialidad de la información personal de la persona durante y después de la captura. Esto implica restringir el acceso a la información a las personas estrictamente necesarias, obtener el consentimiento para compartir información con terceros (ej: familiares), y garantizar la seguridad de los datos almacenados.	¿Se limitó el acceso a la información personal de la persona a quienes realmente la necesitan? ¿Se obtuvo el consentimiento de la persona antes de compartir información con familiares u otros terceros? ¿Se implementaron medidas de seguridad para proteger los datos personales almacenados? ¿Se informó a la persona sobre sus derechos en relación con la protección de sus datos personales?
c_6: Supervisión y rendición de cuentas	Evalúa si existen mecanismos de supervisión y rendición de cuentas para garantizar que las capturas se realicen de manera ética y legal. Esto implica la existencia de protocolos claros, la capacitación del personal, la supervisión independiente de las actividades de captura, la investigación de denuncias y la sanción de las malas prácticas.	¿Existen protocolos claros y detallados sobre cómo realizar las capturas? ¿El personal está debidamente capacitado en ética, derechos humanos y técnicas de intervención no violentas? ¿Existe un mecanismo de supervisión independiente para monitorear las actividades de captura? ¿Se investigan las denuncias de malas prácticas y se sanciona a los responsables? ¿Se publican estadísticas sobre las capturas realizadas y sus resultados?

Loa criterios son evaluados a partir del conjunto de etiquetas lingüísticas que se presenta en la tabla 2 [22]:

Tabla 2: Términos lingüísticos empleados.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

A partir de la aplicación del método se obtienen como resultado la expresión de comparación que se muestra en la expresión 5, estos datos son almacenados en la base de caso para nuevos análisis.

$$P_e = \{\mathrm{M}, \mathrm{MMM}, \mathrm{B}, \mathrm{B}, \mathrm{MDM}, \mathrm{B}\} \tag{7}$$

A partir de la corrida de los datos, se obtiene su filtrado que proporciona un mapa para cada caso de captura de personas con problemas de adicciones, objeto de análisis. Las Figuras 2 a 8 presentan el mapa de datos obtenido para 7 casos en estudio.

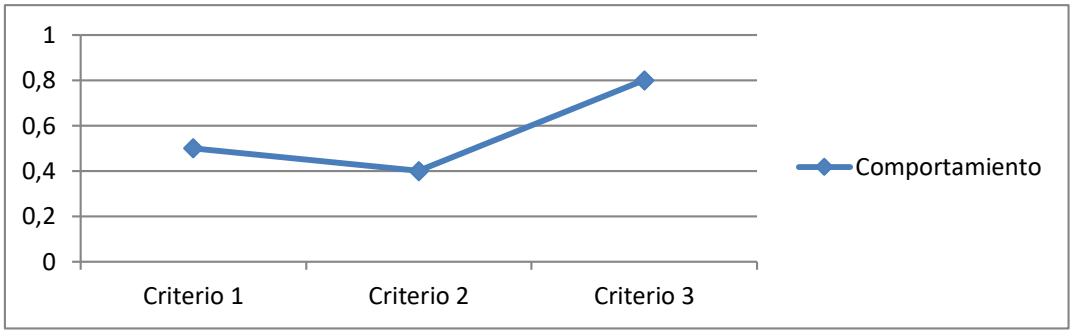


Figura 2: Mapa de datos del comportamiento de la alternativa 1.

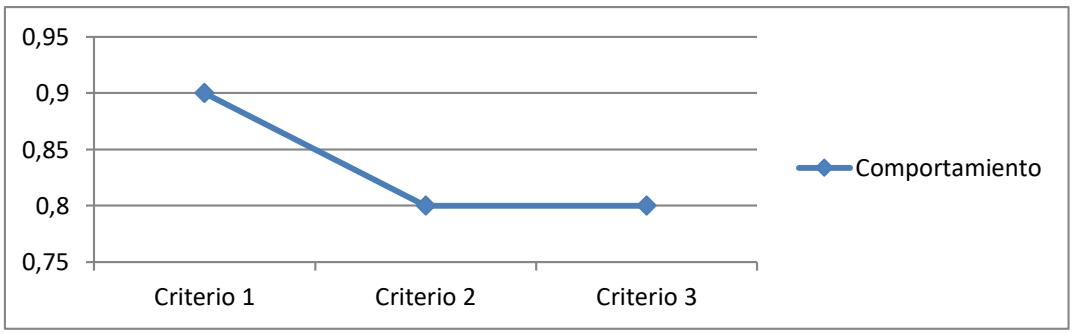


Figura 3: Mapa de datos del comportamiento de la alternativa 2.

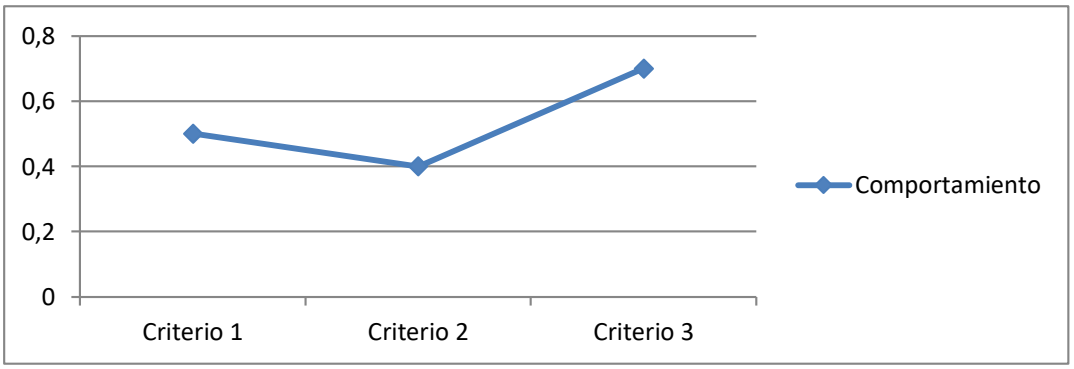


Figura 4: Mapa de datos del comportamiento de la alternativa 3.

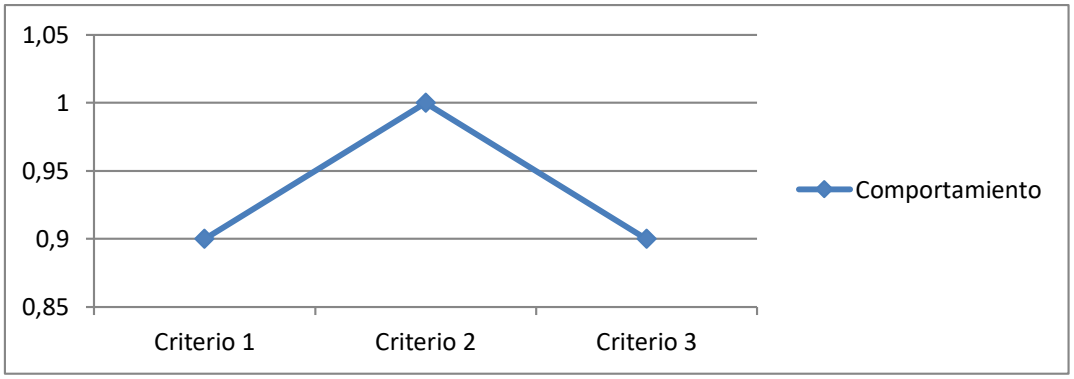


Figura 5: Mapa de datos del comportamiento de la alternativa 4.

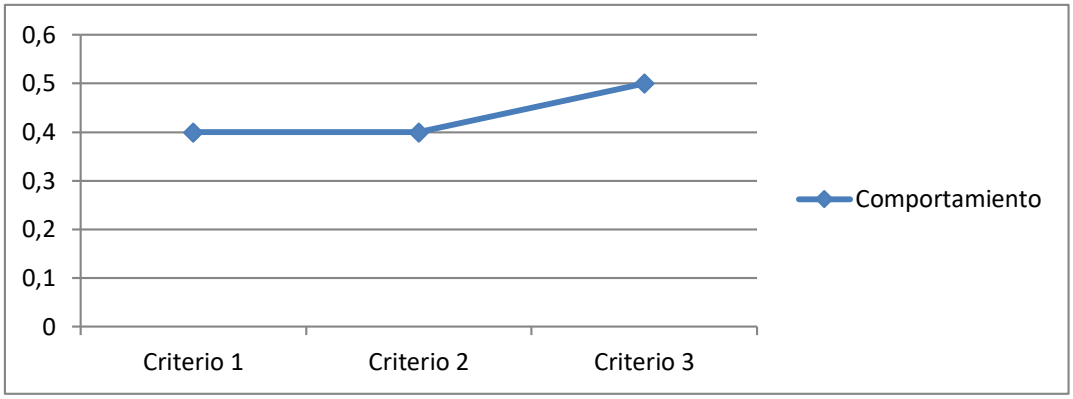


Figura 6: Mapa de datos del comportamiento de la alternativa 5.

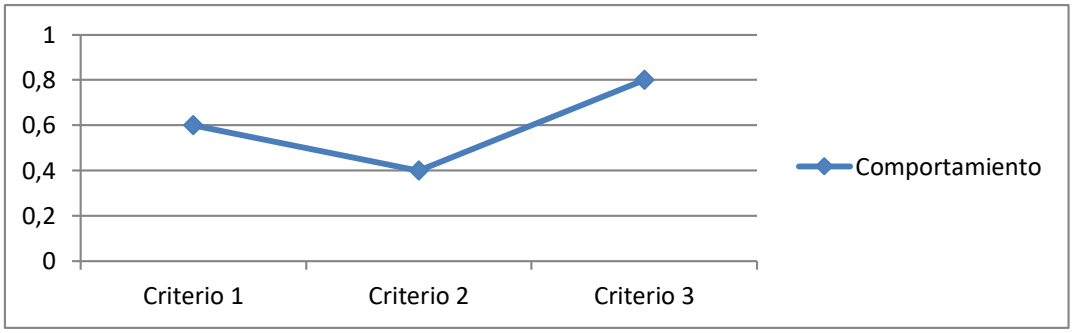


Figura 7: Mapa de datos del comportamiento de la alternativa 6.

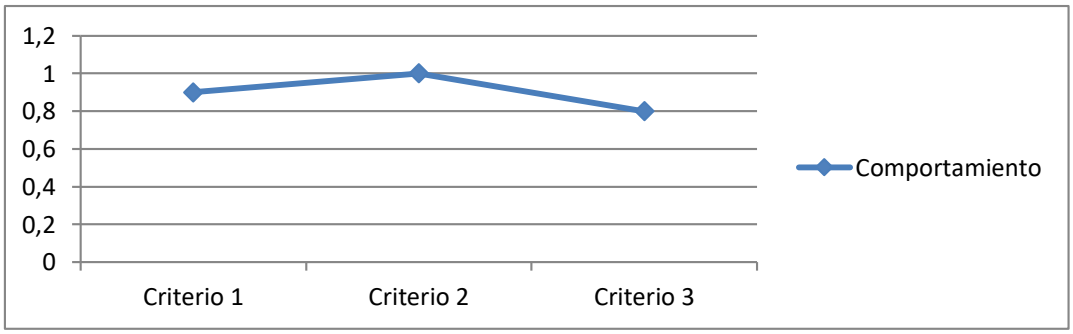


Figura 8: Mapa de datos del comportamiento de la alternativa 7.

Una vez obtenido el mapa de las alternativas se obtuvo el cálculo de la similitud que se muestra mediante la tabla 3.

Tabla 3: Similitud entre los casos y el perfil de análisis.

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
0.65	0.85	0.65	0.95	0.45	0.70	0.98

A partir del análisis de los resultados se realiza el proceso de ordenamiento de alternativas. En la simulación se visualizan las alternativas objeto de atención. La expresión 8 muestra el resultado del ordenamiento realizado.

$$\{a_7, a_4, a_2\} \tag{8}$$

A partir del ordenamiento, el método realiza como recomendación la (a_7) que se corresponde con el caso con mayor irregularidad en el proceso, el cual deberá ser tomado como referencia en primera instancia, y posteriormente (a_5) como segundo caso de referencia.

Los resultados del Método Neutrosófico implementado constituyen una herramienta valiosa para analizar las complejas implicaciones ético-legales en la captura de personas con problemas de adicciones por parte de centros

de rehabilitación en Ecuador. El método permitió abordar la inherente incertidumbre, imprecisión y contradicción presentes en estas situaciones. A diferencia de los enfoques tradicionales que buscan clasificar una acción como correcta o incorrecta, la lógica neutrosófica facilita la exploración de grados de verdad, falsedad e indeterminación en cada aspecto de la captura. Esto permite una evaluación más matizada y contextualizada, considerando las múltiples perspectivas de los involucrados (la persona con adicción, su familia, el personal del centro) y los valores en conflicto (autonomía individual versus protección de la salud, seguridad versus derechos humanos). Al integrar la indeterminación, el método neutrosófico ayuda a identificar zonas grises y dilemas éticos que de otra manera podrían ser ignorados, fomentando un debate más profundo y una toma de decisiones más informada y responsable en la delicada práctica de la captura.

4 Discusión

Según información del Ministerio de Salud Pública, esta entidad gubernamental cuenta con 12 Centros Especializados de Tratamiento a Personas con Consumo Problemático del Alcohol y otras Drogas (CETAD) y alrededor de 743 centros de tratamiento ambulatorio y ambulatorio intensivo. Existen alrededor de 250 centros privados que prestan servicios de rehabilitación y tratamiento para consumidores de alcohol y otras drogas constituidos legalmente y habilitados por la Agencia de Aseguramiento de la Calidad de los Servicios de Salud y Medicina Prepagada (ACESS). Ahora bien, no se tiene certeza absoluta de aquellos centros que operan de forma clandestina y ofertan diferentes servicios de rehabilitación sin ninguna medida de seguridad o práctica adecuada [23].

Es importante mencionar estas estadísticas para tener cierto panorama de quienes pueden o no realizar estas actividades de rehabilitación de personas con adicciones, puesto que, se entendería que aquellos centros de rehabilitación legalmente constituidos operarían con procedimientos estandarizados y que precautelen la integridad mental y física de quienes son sus pacientes.

La acción de capturar a personas con problemas de adicciones conlleva varios aspectos a tener en cuenta, que van desde la aceptación de estas personas en ir voluntariamente, pero desde ese momento se inicia una custodia acérrima para evitar su escape, en caso contrario se puede llegar a utilizar la fuerza para atraparlos, y, en contra de su voluntad son llevados muchas veces oponiendo fuerza, excesos verbales y agresiones, que se contrarrestan con acciones similares por parte de sus captores, por así llamarlos.

Con lo expresado hasta el momento en la presente investigación, queda claro que los procedimientos empleados por centros de rehabilitación de personas con problemas de adicciones para la captura de estas personas, no es del todo favorable u ortodoxa para precautelar el bienestar y el respeto a la integridad física del involucrado.

Para [24] el tratamiento de una persona con problemas de adicciones inicia desde el primer momento que se toma contacto con ella, así también el respeto a sus derechos y la responsabilidad de quienes los capturan en cuidar de su integridad en todo momento.

En el proceso de captura los centros de rehabilitación muchas veces tienen el consentimiento de los familiares de estas personas para proceder, esto deriva en algunos desfases ya que técnicamente se está actuando bajo la aprobación de un familiar y con el argumento que dicha persona adicta no tiene el suficiente razonamiento para discernir esta problemática y dejarse ayudar, lo que evita que se pueda sancionar de cierta forma si se llegase a efectuar acciones forzadas al momento de la captura.

Ya en el momento de la ejecución, quienes están a cargo perfilan a la persona a ser atrapada, muchas de las veces se encuentran en situación de calle y no tanto en sus domicilios, posterior a ello, en el mejor de los casos se acercan cuidadosamente a la persona y de manera amable se presentan y empieza un proceso de diálogo a fin de explicar la situación y estado vulnerable en la que se encuentra la persona y lo que se va a realizar con el objetivo de rehabilitarlo. La persona en estado de adicción tendrá la oportunidad de ser llevada sin ninguna presión hacia los centros de rehabilitación.

En otras circunstancias, si se llega a dar una situación de hostilidad y negación en ser ayudado, el encargado del centro de rehabilitación procede a utilizar medios de presión para intentar llevar al afectado, es ahí donde el problema aparece. El actuar de estas personas en muchos casos llega a ser violento, en su intento por atrapar a estas personas que ya de por si son vulnerables, se llega a acorralarlas, en algunos casos maniatarlas, y así son llevadas a los vehículos donde se los traslada. Esto claramente representa una violación de Derechos Humanos, pero que es maquillado con la premisa de ayuda hacia el más necesitado el apoyo de sus familiares y de la colectividad que en su ignorancia ve con buenos ojos estos procederes argumentando que se hace por el bien común [25].

La normativa ecuatoriana sanciona estos actos y violaciones de los derechos de las personas en estado de vulnerabilidad por su condición en este caso psicológica y física, sin embargo, para ello es necesario en muchos de los casos la presentación formal de una denuncia ante la entidad jurídica pertinente, esto claramente no se lo hace pues el afectado no se encuentra en condiciones como para interponerla, la familia en la mayoría de casos está a favor del encierro a como de lugar de la persona con problemas de adicción, y la sociedad civil no tiene el interés de hacerlo pues prima el bienestar común por encima del de un adicto en proceso de rehabilitación.

Las sanciones por parte de la entidad de control, en casi todos los casos se han dado por violaciones de derechos y delitos cometidos dentro de los centros de rehabilitación para personas con problemas de adicción a drogas. La gran mayoría de noticias y estadísticas reflejan esta connotación, en otras circunstancias también la sanción ocurre sobre el funcionamiento ilícito de estos centros de rehabilitación y también sobre las irregularidades en el proceso de constitución de dichos centros. Casi ningún caso sancionatorio se ha efectuado sobre el procedimiento de captura de las personas con problemas de adicciones.

5 Conclusión

En temas de salud mental y física, los principios éticos y el respeto a los derechos constitucionales son elementos que toda persona y profesional deben acatar a cabalidad, teniendo en cuenta que el infringir alguno de estos puede llegar a tener implicaciones legales en base a la forma de proceder.

Los resultados de la implementación del Método neutrosófico propuesto evidenciaron el poco control sancionatorio por parte de las entidades reguladoras de estos centros de rehabilitación, lo que ocasiona el irrespeto a la normativa y el poco interés de velar por el bienestar de las personas que son atendidas en dichos establecimientos.

Los establecimientos de rehabilitación de carácter público y privado deben fomentar un ambiente de respeto y consideración para con sus pacientes, no solamente en los procesos centrados en la rehabilitación de adicciones, sino también, en las acciones que se ejecutan al momento de llevar a los pacientes hacia los centros de rehabilitación considerando por sobre todo el respeto hacia los derechos constitucionales de estas personas que se encuentran en situación vulnerable por su condición de adicción a sustancias sujetas a fiscalización.

Se concluye que el estado ecuatoriano debe asumir su responsabilidad en cuanto a control de procesos y procedimientos en la rehabilitación de personas con problemas de adicciones, tener un mejor control sobre los establecimientos de rehabilitación de carácter privado que pueden llegar a buscar a solo una a oportunidad de negocio sin ningún tipo de respeto por la ley, violando normas constitucionales, derechos humanos y muy poco énfasis en la ética de sus operaciones.

Referencias

[1] S. Sola-Morales, and C. Quiroz, "Campañas de comunicación para la prevención del consumo de drogas en Chile (2004-2014): entre el prohibicionismo y la estigmatización," *Comunicación y sociedad= Communication & Society,* vol. 32, no. 2, pp. 157-173, 2019.

[2] N. Alexander Beckmann, "Luces para entender el prohibicionismo: los orígenes sudamericanos de la "guerra contra las drogas"," *Revista de Estudios Sociales*, no. 77, pp. 21-39, 2021.

[3] L. Tarqui-Silva, "Bioética y derechos humanos: los cimientos de los procesos terapéuticos en drogodependencias," *Revista Estudios Psicológicos,* vol. 2, no. 2, pp. 60-73, 2022.

[4] P. M. F. Ayón, S. S. B. García, P. M. F. Ayón, and F. G. M. Macías, "Análisis de las políticas sobre el consumo de drogas en el mundo y Ecuador," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 1, pp. 32-50, 2024.

[5] A. C. Santano, "Derechos humanos para el desarrollo de una sociedad realmente globalizada," *Opinión jurídica,* vol. 19, no. 38, pp. 39-57, 2020.

[6] J. C. G. Perilla, and C. A. D. Garzón, "Cultura y violencia en latinoamérica:¿ qué hacer desde la seguridad ciudadana?," *Revista Logos, Ciencia & Tecnología,* vol. 10, no. 1, pp. 158-171, 2018.

[7] J. J. A. Zavala, and J. J. I. Argüelles, "Derechos humanos y dignidad humana," *Iustitia Socialis: Revista Arbitrada de Ciencias Jurídicas y Criminalísticas,* vol. 3, no. 4, pp. 8-23, 2018.

[8] J. S. M. Gallo, and D. C. G. Ramo, "Imagen corporal y su relación con el consumo de alcohol en adolescentes," *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS,* vol. 6, no. 4, pp. 150-162, 2024.

[9] E. E. C. Brito, and J. A. R. Baldeón, "Análisis de prevención en las drogodependencias en el barrio Jaime Roldós Aguilera, Quito," *Revista Scientific,* vol. 6, no. 22, pp. 78-95, 2021.

[10] L. E. Tarqui-Silva, "Tratamientos Residenciales para adicciones, el irrespeto a los derechos humanos y normativas: La realidad ecuatoriana," *Revista Electrónica de Psicología Iztacala,* vol. 25, no. 4, pp. 1275-1291, 2023.

[11] H. Jiménez, "Satisfacción con la vida y estrategias de afrontamiento asociadas a los estadios de cambio en adicciones en un centro especializado de tratamiento en consumo de alcohol y otras drogas. Universidad Peruana Cayetano Heredia," *Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia. Fonte: https://repositorio. upch. edu. pe/handle/20.500,* vol. 12866, pp. 11435, 2022.

[12] M. V. Sanchéz, S. Cuenca, M. P. Torres Pozo, and L. Tarqui, "Tratamientos ilegales para adicciones en el siglo XXI: El retroceso en Bioética y Derechos Humanos.," *Universidad y Sociedad,* vol. 16, no. 4, pp. 368-375, 2024.

[13] A. Grajales Quintero, E. Serrano Moya, and C. Hahan Von, "Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación," *Luna Azul,* vol. 36, no. 1, pp. 285-306, 2013.

[14] F. Smarandache, "Neutrosofía y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.

[15] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.

[16] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.

[17] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.

[18] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.

[19] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems,* vol. 22, pp. 273-292, 2020.

[20] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas,* vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.

[21] B. Bron Fonseca, and O. Mar Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.

[22] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[23] H. A. Arcos, and B. J. A. Maldonado, "Las personas drogodependientes y la práctica planificada, sistemática de ejercicio físico en los centros de rehabilitación de adicciones," *Esferas,* vol. 3, pp. 8-25, 2022.

[24] E. A. M. Aragón, "Derechos constitucionales de las personas con adicción a sustancias estupefacientes, psicotrópicas y su criminalización en el Ecuador, año 2021," 2022.

[25] A. J. I. Quijije, and T. K. M. Chica, "El trabajo social y su intervención en las comunidades terapéuticas de rehabilitación social por consumo de sustancias psicoactivas, en la ciudad de Portoviejo," *Revista Caribeña de Ciencias Sociales (RCCS)*, no. 4, pp. 24, 2018.

Recibido: febrero 27, 2025. Aceptado: marzo 17, 2025

NCML
Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Las conductas disruptivas en niños de 6 a 8 años de la escuela Abdón Calderón Garaicoa de la ciudad de Pasaje y su incidencia en el rendimiento académico

Disruptive behaviors in children aged 6 to 8 at Abdón Calderón Garaicoa School in the city of Pasaje and their impact on academic performance

María Leonor Atiencie Gutiérrez [1], Erika Gabriela Álava Jiménez [2], Natalia Elizabeth Lojano Patiño [3], and Cindy Gabriela Ortega García [4]

[1] Unidad Educativa Abdón Calderón, Guayaquil. Guayas. Ecuador. maría.atiencie@educacion.gob.ec
[2] Unidad Educativa Abdón Calderón, Guayaquil. Guayas. Ecuador. erikag.alava@educacion.gob.ec
[3] Unidad Educativa Abdón Calderón, Guayaquil. Guayas. Ecuador. natalia.lojano@educacion.gob.ec
[4] Unidad Educativa Abdón Calderón, Guayaquil. Guayas. Ecuador. cindy.ortega@educacion.gob.ec

Resumen: El presente trabajo se propone desarrollar el tema: Las conductas disruptivas en niños de 6 a 8 años de la Escuela Abdón Calderón Garaicoa de la ciudad de Pasaje y su incidencia en el rendimiento académico. Su propósito es determinar en qué medida las conductas disruptivas de los niños afectan a su rendimiento escolar. El enfoque es mixto, y su alcance, correlacional. Se trata de un diseño no experimental y transversal, con una modalidad principalmente de trabajo de campo enfocada a la observación del universo clasificado por cursos del nivel EGB Elemental de la escuela Abdón Calderón, el análisis de registros globales de calificaciones y entrevistas a los docentes, pues ellos constituyen el principal motor dentro del aula.

Palabras Claves: Niños, incidencia, conductas disruptivas, rendimiento académico.

Abstract: This work aims to develop the topic: Disruptive behaviors in children aged 6 to 8 years at the Abdón Calderón Garaicoa School in the city of Pasaje and their impact on academic performance. Its purpose is to determine to what extent the disruptive behaviors of children affect their school performance. The approach is mixed, and its scope is correlational. It is a non-experimental and cross-sectional design, primarily focused on fieldwork aimed at observing the universe classified by grades of the EGB Elementary level of the Abdón Calderón school, analyzing global grade records, and interviewing teachers, as they are the main driving force within the classroom.

Keywords: Children, incidence, disruptive behaviors, academic performance.

1 Introducción

En el Ecuador, no obstante, la investigación todavía se encuentra en estado incipiente y faltan trabajos que se los realicen con la rigurosidad que amerita. En tal virtud, realizar un estudio de este tipo en el cantón, pasaje, provincia de El Oro constituye un punto de partida para conocer este fenómeno enfocando a niños entre 6 y 8 años de edad dentro del nivel EGB Elemental.

La dimensión que considera las conductas que alteran las relaciones sociales dentro de la clase abarca cinco indicadores como son agredir físicamente a sus pares, usar lenguaje grosero, insultar, insultar al profesor participar en juegos sexuales. A partir del necesario proceso de operacionalización de las variables, se logró también determinar el tipo de metodología para la recopilación de información como son fichas de observación, análisis de registros de calificaciones y entrevistas a los docentes que proporcionaran los datos que permitan determinar la magnitud de incidencia de las conductas disruptivas en el rendimiento de los niños de la escuela Abdón Calderón.

A partir del necesario proceso de operacionalización de las variables, se logró también determinar el tipo de metodología para la recopilación de información como son fichas de observación, análisis de registros de calificaciones y entrevistas a los docentes que proporcionaran los datos que permitan determinar la magnitud de incidencia de las conductas disruptivas en el rendimiento de los niños de la escuela Abdón Calderón.

2 Desarrollo

2.1 El Problema De La Investigación

El tema propuesto es: "Las conductas disruptivas en niños de 6 a 8 años de la Escuela Abdón Calderón Garaicoa de la ciudad de Pasaje y su incidencia en el rendimiento académico." Se lo plantea en virtud de la experiencia diaria vivida en las aulas de clases en el nivel primario y en virtud de diálogos con docentes del nivel que hacen mención a esta problemática que impide el normal desarrollo de clases para dedicar un considerable tiempo a remediar problemas con ciertos estudiantes, impidiendo el normal flujo de las clases y dañando el ambiente escolar que debe ser óptimo para poder desarrollar un aceptable proceso de enseñanza.

Los procesos disruptivos son variados y se debe hacer una descripción pormenorizada de los mismos desde un enfoque local, es decir ubicando el estudio en el cantón Pasaje, provincia de El Oro, en una escuela de la zona, Abdón Calderón Garaicoa, con el fin de conocer cuales inciden con mayor frecuencia en el rendimiento de los estudiantes.

En virtud de todo lo puntualizado, se puede comprobar que el tema propuesto posee actualidad y es factible su tratamiento porque el nivel de EGB Elemental constituye un pilar fundamental en la clase de estudiantes y ciudadanos que serán en el futuro.

1.2 Formulación del problema

Para caracterizar el problema se debe considerar primeramente el factor comportamental denominado conducta disruptiva que desde el planteamiento de Enrique et al (2014), se propone la siguiente clasificación que se ha procedido a adaptar a la realidad evidenciada en la escuela Abdón Calderón del cantón Pasaje:

Las primeras son conductas que interrumpen el estudio, es decir, niños que hablan sin permiso con otro(a) compañero(a), o bien que caminan por el aula sin permiso, molestan a sus compañeros(as), hacen ruidos molestos durante la case (tamborilea con los dedos, canta, silba, etc.), gritan en clase con o sin motivo, hacen tareas distintas a las asignadas por el profesor en la clase, se dedican a una actividad que no es requerida ni por la tarea ni por el docente, comen en clase sin permiso, juegan durante la clase sin permiso, desobedece abiertamente una orden del maestro, y por último, interrumpen la clase para hacer reír o llamar la atención.

La segunda es la conducta de falta de responsabilidad del estudiante consistente en sustraer cosas de sus compañeros y apropiárselas, y, por último, evadir las responsabilidades y cuando el docente las solicita, se hace el desentendido(a).

Por último, las conductas perturbadoras de las relaciones sociales en clase que consisten en la agresión física a sus pares dentro o fuera del aula, la utilización de lenguaje (groserías), insultos a sus pares, insultos al profesor (a sus espaldas o delante de este), y por último la participación en juegos o tocamientos de tipo sexual.

1.3 Justificación

El problema planteado relaciona dos factores que son de actualidad en, posiblemente, todas las instituciones educativas del Ecuador que se ven desbordadas por los innumerables problemas que generan los estudiantes con conductas disruptivas en todos los niveles educativos.

Según lo que afirman Badia & Daura (2018): se aplica en toda su extensión "la disciplina escolar es en la actualidad una de las principales preocupaciones a las que se enfrenta el profesorado tanto de enseñanza primaria como de secundaria" (p.3), con lo cual un estudio in situ resulta altamente recomendable porque los resultados del mismo servirán de base para futuros estudios y, sobre todo, para dar forma a intervenciones especializadas que remedien la situación. Desde un punto de vista social, la presente investigación, dará inicio a un proceso de conocimiento de este problema en el cantón Pasaje, gracias a lo cual, se espera que los estudios sobre el problema vayan aumentando paulatinamente en el futuro; y no solo eso, sino que paralelamente se construyan las condiciones de ofrecer soluciones. Este propósito implica un mejoramiento de la sociedad a largo plazo por la mejora académica y conductual de los estudiantes que en algún momento ocuparán cargos políticos en la sociedad, liderarán empresas o estarán al frente de la familia que formen.

Actualmente el estado invierte cierta cantidad de dinero en la formación de cada estudiante y se espera que cada uno de ellos rinda al máximo, no obstante, la realidad es otra, razón por la cual se puede afirmar que el estado

pierde lo invertido y debe invertir más todavía en su esfuerzo por garantizar la educación de toda la población. Es razonable inferir, entonces, que todo esfuerzo que se haga para mejorar este panorama es valioso y necesario.

Desde el punto de vista metodológico y científico, se abordará el estudio mediante investigación mixta que considere metodología cualitativa y cuantitativa. La edad de los niños representa un problema porque aplicar encuestas que deben responder por escrito es probable que las realicen mal o no comprendan el propósito de hacerlo, razón por la cual la aplicación de una ficha de observación sería lo más aconsejable. Se considerará dos formas básicas de acercarse al problema, consistentes, primeramente, en la determinación de la frecuencia de conductas disruptivas en las clases y qué clase de conductas disruptivas se producen. Paralelamente entrevistará a los docentes con el fin de determinar desde su enfoque, las conductas disruptivas que se producen y su frecuencia, de donde se podrá concluir la incidencia o no de la disrupción escolar sobre el rendimiento.

1.4 Formulación de hipótesis y determinación de variables

De acuerdo con todo lo expuesto, la hipótesis a defender es la siguiente: El rendimiento escolar de los niños ubicados en el nivel EGB Elemental de la escuela Abdón Calderón del cantón Pasaje, provincia de El Oro, durante el periodo comprendido entre los meses de mayo a julio del año lectivo 2023-2024.

Variable Independiente: Conducta disruptiva.

Se empleará el siguiente cuadro de indicadores para la variable Conducta disruptivas, expuesto por Gordillo et al. (2014) adaptado a la realidad del sector y a lo que se ha podido evidenciar en la escuela Abdón Calderón.

Tabla 1. Variable independiente; conducta disruptiva.

DIMENSIONES	INDICADORES
Interrumpir el estudio	a. Hablar sin permiso con otro(a) compañero(a) b. Caminar por el aula sin permiso c. Molestar a sus compañeros(as) d. Hacer ruidos molestos durante la case (tamborilea con los dedos, canta, silba, etc.) e. Gritar en clase con o sin motivo f. Comer en clase sin permiso g. Jugar durante la clase sin permiso h. Desobedecer abiertamente una orden del maestro i. Interrumpir la clase para hacer reír o llamar la atención.
Falta de responsabilidad	a. Sustraer cosas de sus compañeros y apropiárselas b. Evadir las responsabilidades y cuando el docente las solicita, se hace el desentendido(a). c. Hacer tareas distintas a las asignadas por el profesor en la clase
Perturbar relaciones sociales	a. Agredir físicamente a sus pares dentro o fuera del aula b. Utilizar lenguaje soez (groserías) c. Insultar a sus pares d. Insultar al profesor (a sus espaldas o delante de este) e. Participar en juegos o tocamientos de tipo sexual.

Variable dependiente; rendimiento escolar

El rendimiento escolar se manifiesta en las calificaciones que se obtiene, por lo que se debe considerar lo que manifiesta el Reglamento a la LOEI, en el Artículo 27, respecto a las calificaciones que los estudiantes pueden obtener y que demuestran el rendimiento alcanzado:

Tabla 2. Rendimiento escolar

DIMENSIÓN	INDICADORES
Calidad del aprendizaje	a. Destreza o aprendizaje alcanzado b. Destreza o aprendizaje en proceso de desarrollo c. Destreza o aprendizaje iniciado

3. Marco Teórico Referencial

3.1 Antecedentes de la investigación

3.1.1 Contexto español

Establece que los factores que intervienen en las conductas disruptivas poseen varios condicionantes de índole social y familiar, principalmente la escasa comunicación con sus familiares. Se concluye también que el castigo posee especial importancia tanto para los docentes como para los padres de familia, cuestión que descubre algo que pocos quieren afirmar en sus trabajos.

En este artículo se mide factores de estrés que los estudiantes estarían experimentando en la escuela y condicionando la aparición de conductas disruptivas. Es notable la conclusión respecto a que las niñas resisten más el estrés y por lo tanto demuestran menos CD. Esto trae como conclusión que a los niños se les debe prestar más atención en lo que a temas de autoestima y rendimiento escolar.

3.1.2 Contexto Internacional

Este artículo establece al docente como el encargado directo de gestionar problemas de conductas disruptivas aplicando las estrategias a tiempo, motivando al estudiante y generando un ambiente de aprendizaje óptimo. En este marco, aconseja observar las causas de las conductas disruptivas para seleccionar los estímulos, aportar normas y valores de disciplina, respeto y tolerancia, compañerismo y la amistad entre compañeros. Con esto deja claro cuál es el real papel del docente en el marco de una educación tolerante e inclusiva, centrada en el desarrollo de seres humanos vulnerables. Chinguel Alvarez Flor Almeida (2021) Conductas disruptivas en el aula en niños de 5 y 6 años (Tesis de grado en Educción Inicial).

Se propone además aplicar estrategias lúdicas para comparar luego los resultados en atención al rendimiento escolar. Comprueba que, en efecto, las conductas disruptivas tienen un efecto determinante en el rendimiento escolar, pero ligadas a factores como la labor del docente en lo que se refiere al control, la planificación y las técnicas aplicadas, y, finalmente, al entorno familiar de los niños.

3.1.3 Contexto nacional

En esta tesis el problema consiste en cómo incide la evaluación del aprendizaje en las conductas disruptivas de la citada escuela y cantón. Se concluye que un deficiente proceso de evaluación podría desmotivar a los estudiantes y generar conductas disruptivas, sin llegar a demostrar plenamente la relación que existiría entre las dos variables planteadas.

En este trabajo se pone énfasis en las relaciones entre estudiantes en el marco de una educación inclusiva. Se establece que a más de verse afectados los niños con conductas disruptivas, también se verían afectados otros niños que comparten el aula de clases. Se considera a las conductas disruptivas como necesidades educativas especiales (NEE), debiendo ser tratadas como disponen las normativas legales para esas situaciones. Esta cuestión tiene su lógica en la intervención inmediata y esperada que el docente debe dar a través de un enfoque emocional y pedagógico.

3.2 Bases teóricas conceptuales de la investigación

3.2.1 Variables de investigación

La variable independiente: conducta disruptiva engloba una serie de dimensiones cuyos indicadores son los comportamientos concretos demostrados por los estudiantes en el aula. La dimensión: conductas que interrumpen el estudio, Narváez et al. (2020) la define como aquellas “acciones que interrumpen el ritmo de la clase como: ruidos, chistes, burlas, gritos, golpes”.

La dimensión conductas que interrumpen el estudio contienen los siguientes indicadores:

- Hablar sin permiso con otro(a) compañero(a)

- Caminar por el aula sin permiso
- Molestar a sus compañeros(as)
- Hacer ruidos molestos durante la case (tamborilea con los dedos, canta, silba, etc.)
- Gritar en clase con o sin motivo
- Comer en clase sin permiso
- Jugar durante la clase sin permiso
- Desobedecer abiertamente una orden del maestro
- Interrumpir la clase para hacer reír o llamar la atención.

3.2.2 Variables referentes al rendimiento escolar

El rendimiento escolar de acuerdo con la legislación ecuatoriana se manifiesta en las calificaciones que se obtiene, por lo que se debe considerar lo que manifiesta el Reglamento a la LOEI 2021, en el Artículo 27, respecto a las calificaciones que los estudiantes de EGB Elemental pueden obtener y que demuestran el rendimiento alcanzado. Dentro de esta variable se han establecido los siguientes indicadores de rendimiento escolar:

- Destreza o aprendizaje alcanzado
- Destreza o aprendizaje en proceso de desarrollo
- Destreza o aprendizaje iniciado.

De acuerdo con el documento de Actualización y fortalecimiento curricular de la Educación Básica 2010, emitido por Ministerio de Educación del Ecuador, el concepto destreza es definido como "la expresión del saber hacer en los estudiantes, que caracteriza el dominio de una acción". Paralelamente a esto se debe considerar también el criterio de desempeño que expresa el nivel de dificultad en que se debe realizar la acción enunciada en la destreza.

Teorías más actuales relacionadas con el tema

- Figueroa et al. (2020) "La situación que le corresponde vivir en el salón de clase a diario al maestro es un reto que parecería infranqueable, sobre todo por tener que asumir la atención a más de la diversidad del alumnado a niños y jóvenes con comportamientos poco convencionales y que convierten a la escuela un espacio de desahogo emocional".
- Gotzens et al (2015) "La indisciplina convencional se refiere a la conducta que no se ajusta a las normas, costumbres o a los estándares de una sociedad determinada". En otras palabras, ubicándose en un nivel macro se trata del comportamiento de una persona que hace que una persona no sea vista como buena, agradable o respetuosa ante los ojos de la sociedad. La indisciplina instruccional, o sea las conductas disruptivas operan en un nivel micro, es decir en "el marco de la educación formal"
- Martínez-Vicente & Valiente (2020) plantea una relación entre conductas disruptivas y la autoestima y desarrollo emocional de los estudiantes, determinando que "las niñas puntúan más alto en autoestima, comprensión emocional, estabilidad emocional y sensibilidad, presentando los niños una mayor dureza y también un mayor número de las conductas disruptivas", cuestión que tiene especial importancia puesto que en el presente trabajo una de las variables es el sexo.
- Según Gotzens et al. (2015) los actos de indisciplina pueden violentar normas como: "llegar tarde o faltar a clase, deteriorar el material, desordenar el mobiliario, comer en clase, vestirse con indumentaria estrafalaria, ocasionar ruido o gritos, y faltar al orden en las salidas y entradas de clase". O bien, la tarea en sí misma: "no traer los deberes, rehusar llevar a cabo las tareas en clase, proferir comentarios vejatorios, mostrar poco interés, pasividad e inactividad, preguntar insistentemente con el ánimo de retrasar o interrumpir"
- Morocho (2018), Villavicencio et al. (2020), Del Cid (2022). En este último autor se insiste en la "falta de control de los padres sobre sus hijos como la causa directa que afecta todo el entorno social.

✓ **Medidas de remediación**

En este sentido Andrade (2019) establece la necesidad de intervenir a tiempo para corregir a tiempo al niño, previa observación de las posibles causas. Uno de los aspectos que se debe tomar en cuenta en la solución de las conductas disruptivas es el fomento del respeto, el compañerismo y la tolerancia. Como alternativa de intervención, previa constatación de los problemas de autoestima y desarrollo emocional que demuestran los niños frente a las niñas Martínez-Vicente & Valiente (2020) plantean lo siguiente:

- proporcionar estrategias adecuadas de resolución de problemas, desarrollar un autoconcepto positivo y mejorar la competencia social incrementando la tolerancia y el respeto a la diversidad.
- Saco Lorenzo et al. (2022) "Los docentes adquieran las estrategias adecuadas para conocer a su futura

alumnado, tengan una educación emocional que permita actuar con serenidad y madure ante las provocaciones de aquellos que intenta llamar la atención, o conocer y saber utilizar de forma adecuada las técnicas de modificación de conducta y cognitivas".

- Se debe fomentar las relaciones interpersonales a través de la comunicación y confianza entre los docentes y los estudiantes.
- Alonso et al (2020) quien establece la necesidad de establecer un abordaje multidisciplinar con la participación de toda la comunidad educativa y la necesidad de elaborar un manual de actividades lúdicas que le sirva al docente como apoyo para la resolución de problemas de conductas disruptivas.
- El caso de Gordillo et al. (2014) quien clasifica en tres grupos:
  "Conductas que interrumpen el estudio que engloban lo siguiente: habla sin permiso con otro(a) compañero(a), camina por el aula sin permiso, molesta a sus compañeros(as), hace ruidos molestos durante la case (tamborilea con los dedos, canta, silba, etc.) Cuando los futuros docentes reflexionan sobre este problema, concuerdan en establecer".

✓ **Medidas de remediación**

Las conductas disruptivas como aquellas que manifiestan desmotivación escolar, desobediencia, llamadas de atención y falta de autocontrol dentro del aula" (Saco Lorenzo et al., 2022). De aquí que se enfoque la solución del problema en el docente que desde su etapa de formación de debe conocer este tipo de problemas, reflexionar sobre ellos de manera que sepa darles el tratamiento que requieren.

Los docentes deben condicionar su labor educativa dirigida a la disciplina del alumnado. Se debe fomentar las relaciones interpersonales a través de la comunicación y confianza entre los docentes y los estudiantes. Finalmente, se debe organizar actividades por medio de la planificación de didácticas y estrategias de motivación dentro y fuera del aula escolar, entre otras, que permitan mejorar el rendimiento escolar.

Del Cid determina en su trabajo las causas del bajo rendimiento escolar en dos factores que oscilan entre las familias y la metodología aplicada en el aula, insistiendo en que el docente tiene el mando y es quien debe conducir el proceso acertadamente.

3.3 Bases legales que fundamentan el estudio

En el CAPÍTULO 1. Principios fundamentales, Artículo 3 Numeral 1 de la constitución de la República del Ecuador, 2008, con enmiendas hasta 2021, se estipula lo siguiente:

"Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes".

CAPÍTULO 2. Derechos del buen vivir, SECCIÓN 5, estableciendo en el Art. 26:

"La educación es un derecho de las personas a lo largo de su vida y un deber ineludible del Estado. Constituye un área prioritaria de la política pública y de la inversión estatal, garantía de la igualdad e inclusión social y condición indispensable para el buen vivir".

El Art. 27, establece:

"La educación se centrará en el ser humano y garantizará su desarrollo holístico, en el marco del respeto a los derechos humanos, al medio ambiente sustentable y a la democracia; será participativa, obligatoria, intercultural, democrática, incluyente y diversa, de calidad y calidez; impulsará la equidad de género, la justicia, la solidaridad y la paz; estimulará el sentido crítico, el arte y la cultura física, la iniciativa individual y comunitaria, y el desarrollo de competencias y capacidades para crear y trabajar. La educación es indispensable para el conocimiento, el ejercicio de los derechos y la construcción de un país soberano, y constituye un eje estratégico para el desarrollo nacional"

En el Art. 2.2 se establece en el Literal a: "la valoración de la situación concreta y las particularidades individuales que inciden en el ejercicio pleno de sus derechos, así como la consideración de los contextos, situaciones y necesidades particulares de un determinad niño, niña o adolescente o grupo de niños, niñas o adolescentes".

La educación, formación e instrucción de las niñas, niños y adolescentes demanda corresponsabilidad en el esfuerzo compartido de estudiantes, familias, docentes, centros educativos, comunidad, instituciones del Estado.

El Art. 7. Derechos de las y los estudiantes, se establece los siguientes que se consideran pertinentes al presente trabajo

a. Ser actores fundamentales en el proceso educativo,
b. Recibir una formación integral y científica, que contribuya al pleno desarrollo de su personalidad, capacidades y potencialidades, respetando sus derechos, libertades fundamentales y promouien.do la igualdad de género, la no discriminación, la valoración de las diversidades, la participación, autonomía y cooperación;

c. Ser tratado con justicia, dignidad, sin discriminación, con respeto a su diversidad individual, cultural, sexual y lingüística, a sus convicciones ideológicas, políticas y religiosas, y a sus derechos y libertades fundamentales garantizados en la Constitución de la República, tratados e instrumentos internacionales y la Ley;
d. Intervenir en el proceso de evaluación interna y externa como parte y finalidad de su proceso educativo, sin discriminación de ninguna naturaleza;
e. Recibir gratuitamente servicios de carácter social, psicológico.

El Art. 8. Obligaciones y responsabilidades de los estudiantes, señala las siguientes que son pertinentes para el presente trabajo:

a. Cumplir con las actividades académico-formativas programadas, tareas y responsabilidades obligaciones derivadas del proceso de enseñanza y aprendizaje, de acuerdo con la reglamentación correspondiente a la modalidad educativa, salvo los casos de situación de vulnerabilidad en los cuales se pueda reconocer mecanismos de flexibilización;
b. Participar en la evaluación de manera permanente a través de procesos internos y externos que validen la calidad de la educación y el interaprendizaje¨.

El Art. 11. Obligaciones de los docentes. Establece de manera fundamental, lo siguiente:

a. Cumplir con las disposiciones de la Constitución de la República, la Ley y sus reglamentos inherentes a la educación;
b. Elaborar su planificación académica anual y presentarla oportunamente a las autoridades de la institución educativa y a sus estudiantes;
c. Respetar el derecho de las y los estudiantes y de los miembros de la comunidad educativa, a expresar sus opiniones fundamentadas y promover la convivencia armónica y la resolución pacífica de los conflictos;
d. Fomentar una actitud constructiva en sus relaciones interpersonales en la institución educativa;
e. Atender y evaluar a las y los estudiantes de acuerdo con su diversidad cultural y lingüística y las diferencias individuales y comunicarles oportunamente, presentando argumentos pedagógicos sobre el resultado de las evaluaciones;
f. Dar apoyo y seguimiento pedagógico a las y los estudiantes, para superar el rezago y dificultades en los aprendizajes y en el desarrollo de competencias, capacidades, habilidades y destrezas;
g. Elaborar y ejecutar, en coordinación con la instancia competente de la Autoridad Educativa Nacional, la malla curricular específica, adaptada a las condiciones y capacidades de las y los estudiantes con discapacidad a fin de garantizar su inclusión y permanencia en el aula;
1. Promover en los espacios educativos una cultura de respeto a la diversidad y de erradicación de concepciones y prácticas de las distintas manifestaciones de discriminación, así como de violencia contra cualquiera de los actores de la comunidad educativa, preservando además el interés de quienes aprenden sin anteponer sus intereses particulares.
f. Cumplir las normas internas de convivencia de los establecimientos educativos;
g. Cuidar la privacidad e intimidad propias y respetar la de sus estudiantes y de los demás actores de la comunidad educativa
h. Difundir el conocimiento de los derechos y garantías constitucionales de los niños, niñas, adolescentes y demás actores del sistema educativo, y respetar su ejercicio;
i. Respetar y proteger la integridad física, psicológica, emocional y sexual de las y los estudiantes y demás miembros de la comunidad educativa, y denunciar de conformidad con los protocolos establecidos y demás normativa aplicable".

Artículo 27.- Calificación y promoción de estudiantes de educación inicial ya que en el desempeño de los estudiantes se expresa a través de la siguiente escala cualitativa de calificaciones: Destreza o aprendizaje alcanzada Destreza o aprendizaje en proceso de desarrollo, destreza o aprendizaje iniciado.

El PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2021, 2025, Resolución 2, Registro

Oficial Suplemento 544 de 23-sep.-2021, expresa lo siguiente respecto a la educación: Dentro del Eje Social, se propone una Educación diversa y de calidad.

4. Marco Metodológico

4.1 Enfoque, alcance, modalidad, tipo de estudio y diseño de investigación

- **Enfoque**

La investigación tiene modalidad mixta, es decir: cualitativa y cuantitativa.

- **Alcance de la investigación o tipo de estudio**

El alcance de la investigación es correlacional en vista de que se propone relacionar varias variables del fenómeno estudiado.

- **Modalidad**
  En todas sus fases se empleará la investigación bibliográfica. De acuerdo a los objetivos planteados, se aplicará trabajo de campo mediante la aplicación de ficha de observación y entrevista a los docentes
- **Diseño de la investigación**
  De acuerdo con Monje (2011) "El diseño tiene por finalidad determinar la forma en que el problema habrá de ser verificado, estableciendo el criterio general de comprobación, el sistema de aproximación a la realidad específica considerada y la estrategia general a utilizar"

4.2 Operacionalización de variables

Tabla 3. Matriz de operacionalización de variable independiente.

Variable	Definición Conceptual	Dimensión	Indicadores	Ítems
Rendimiento Escolar	Las conductas disrupti-vas son aquellas acciones que pretenden llamar la atención, que incumplen normas, que desobedecen, que ignoran los límites, que responden de forma desafiante y retadora, que protestan sistemáticamente, que perturban o agreden, que rompen la disciplina y que alteran la armonía del grupo. El rendimiento escolar es la medida de las capacidades del alumno que expresan lo que éste ha aprendido a lo largo del proceso formativo.	Interrumpir el estudio Conductas de falta de responsabilidad dentro del aula. Conductas de perturbar las relaciones sociales dentro del aula. Calidad del Aprendizaje	Hablar sin permiso Caminar por el aula sin permiso. Molestar a sus compañeros(as) Hacer ruidos molestos durante la clase. Realizar actividades que no son requeridas ni por la tarea ni por el docente. Desobedecer abiertamente una orden del maestro. Interrumpir la clase para hacer reír o llamar la atención. Evadir las responsabilidades y cuando el docente las solicita, se hace el desentendido(a). Agredir físicamente a sus pares dentro o fuera del aula Utilizar lenguaje soez (groserías) Insultar a sus pares	**FASE CUANTITATIVA** Ficha de observación a estudiantes 1. Los estudiantes manifiestan conductas disruptivas: Siempre – A veces – Nunca 2. Las conductas disruptivas más frecuentes en las clases son: a. Hablar sin permiso con otro(a) compañero(a) b. Caminar por el aula sin permiso c. Molestar a sus compañeros(as) d. Hacer ruidos molestos durante la case (tamborilea con los dedos, canta, silba, etc.) e. Gritar en clase con o sin motivo f. Comer en clase sin permiso g. Jugar durante la clase sin permiso h. Desobedecer abiertamente una orden del maestro

			Destreza o aprendizaje alcanzado Destreza o aprendizaje en proceso de Desarrollo Destreza o aprendizaje iniciado	La falta de responsabilidad más frecuentes en las clases es: a. Sustraer cosas de sus compañeros y apropiárselas b. Evadir las responsabilidades y cuando el docente las solicita, se hace el desentendido(a)
				Dentro de la conducta perturbar las relaciones sociales en la clase cual se da de manera más frecuente. a. Agredir físicamente a sus pares dentro o fuera del aula b. Utilizar lenguaje soez (groserías) c. Insultar a sus pares 3. Reacción del docente: Registra el caso Llama la atención Reprende verbalmente **Entrevista a docentes** 1. Las conductas disruptivas se producen en sus clases: Siempre A veces Nunca 2. Qué porcentaje de estudiantes de su curso manifiesta conductas disruptivas: 3. Señale en el cuadro los comportamientos disruptores que se producen con mayor frecuencia en sus clases:

				FASE CUALITATIVA Entrevista a docentes 1. En qué asignaturas se manifiestan más las conductas disruptivas? 2. Enuncie una razón para que se produzcan esas conductas en sus clases 3. ¿Qué conductas disruptivas se manifiestan más en sus clases? 4. ¿Cuál es su reacción inmediata?

Tabla 4. Matriz de operacionalización de variables dependientes.

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS
Rendimiento Escolar	Destrezas o aprendizajes que integran conocimientos, habilidades y actitudes.	1. Destreza o aprendizaje alcanzado 2. Destreza o aprendizaje en proceso de desarrollo 3. Destreza o aprendizaje Iniciado	FASE CUANTITATIVA Revisión de registros 1. Revisión de promedios generales que demuestran los estudiantes con atención a Matemáticas y ECA

4.3 Población y muestra

La población enfocada de estudiantes consta de 320 estudiantes de los cursos de EGB Elemental. Debido a la metodología de recopilación de información consistente en la aplicación de fichas de observación a los estudiantes, no es posible seleccionar una muestra, en tal virtud, el estudio enfocará al universo de estudiantes en su totalidad.

En lo que respecta a los docentes del nivel EGB Elemental, de igual manera, se considerará al universo en su totalidad de un cuerpo docente compuesto por ocho docentes de ocho cursos que conforman el nivel.

4.3.1 Técnicas e instrumentos de recolección de la información
Selección y características de los instrumentos de investigación

La elaboración del marco teórico comienza con la revisión de la literatura, que implica detectar, examinar y obtener referencias bibliográficas adecuadas para el planteamiento del problema (propósito, objetivos, preguntas y justificación), de donde se extrae y recopila la información relevante (72).

En el marco de la fase cuantitativa los procedimientos que se utilizarán para la recolección de datos son: la aplicación de una ficha de observación estructurada, entrevista estructurada a los docentes y la revisión de registros de notas de los estudiantes. Mediante esta técnica se recabará datos sobre los promedios generales de rendimiento escolar en las asignaturas de Matemáticas y Educación Cultural y Artística, con el fin de comparar una asignatura considerada “difícil” como Matemáticas, con otra asignatura como ECA con un alto componente lúdico

En el marco de la fase cualitativa se utilizará una entrevista estructurada con preguntas abiertas, a ocho docentes del nivel EGB Elemental, para la recolección de datos sobre las clases de conductas disruptivas que se manifiestan en los niños y datos sobre el contexto escolar en que se producen las conductas disruptivas.

4.3.2 Técnica de análisis de datos.

Descripción del procesamiento de datos

El procesamiento de los datos tendrá las siguientes fases:

- ✓ Identificación de las variables e indicadores a medir.
- ✓ Elaboración de los instrumentos.
- ✓ Recolección de los datos mediante los siguientes instrumentos:

- **Fase cuantitativa:**
  a. Aplicación de fichas de observación a los estudiantes.
  b. Análisis de registros de calificaciones.
  c. Entrevista a los docentes para obtener datos sobre las notas de
  b. rendimiento académico.
- **Fase cualitativa:**
  - ✓ **Formulario de entrevista estructurada a docentes**
  - ✓ **Procesamiento de la información**
  - ✓ **Técnicas**

Para la parte cualitativa se usará la técnica de corte y clasificación que según Hernández- Sampieri & Christian Paulina Mendoza Torres (2018) consiste en: Después de revisar y marcar el texto, cortar o editar y clasificar, consiste en identificar expresiones, pasajes o segmentos que se consideren importantes para el planteamiento y luego juntarlos (p. 485). El procesamiento de los datos usará la técnica de triangulación metodológica que de acuerdo a Aguilar & Barroso (2015) "consiste en la combinación de métodos cualitativos o cuantitativos de investigación en la medición de una misma unidad de análisis".

5 Conclusiones

Uno de los principales problemas dentro del aula es el de la conducta de los estudiantes. Las conductas disruptivas son aquellas acciones inapropiadas que perjudican el desarrollo de la clase, los procesos de enseñanza-aprendizaje, las relaciones entre compañeros, el cumplimiento de las normas de clase y en general perjudican el buen funcionamiento del aula." Se rescata la parte que concierne a los procesos de enseñanza- aprendizaje pues, conviene al propósito del problema planteado.

La población enfocada de estudiantes consta de 320 estudiantes de los cursos de EGB Elemental. Debido a la metodología de recopilación de información consistente en la aplicación de fichas de observación a los estudiantes, no es posible seleccionar una muestra, en tal virtud, el estudio enfocará al universo de estudiantes en su totalidad. En lo que respecta a los docentes del nivel EGB Elemental, de igual manera, se considerará al universo en su totalidad de un cuerpo docente compuesto por ocho docentes de ocho cursos que conforman el nivel.

En este estudio se enfoca a las familias y al clima escolar, cuestión que incumbe también al presente trabajo de investigación, determinando los antecedentes para la aparición de problemas de conductas disruptivas: "la existencia de conflicto entre integrantes de la familia, la poca importancia que se le da a los valores tanto éticos como morales y a las normas y procedimientos establecidos en la misma familia".

Referencias

Bibliografía Citada

[1] Saco-Lorenzo, Inmaculada et al (2022) Conductas disruptivas en el aula. Análisis desde la perspectiva de futuros docentes de Educación Primaria. Disponible en: Ley Orgánica de Educación Intercultural. (2015)
[2] Reglamento a la Ley Orgánica de Educación Intercultural. Registro Oficial Suplemento N° 434 del 19 de abril de 2021.
[3] Reglamento a la Ley Orgánica de Educación Intercultural 2015 Decreto Ejecutivo No. 1241, de 19 de julio de 2012, publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 754 del 26 de julio del 2012.
[4] Reglamento a la Ley Orgánica de Educación Intercultural, (RGLOEI) Registro oficial del 22 de febrero de 2022.
[5] Ley Orgánica de Educación Intercultural, (LOEI). Registro Oficial Suplemento N° 434 del 19 de abril de 2021.
[6] Reglamento a la Ley Orgánica de Educación Intercultural, (RGLOEI) Registro oficial del 22 de febrero de 2022.
[7] Constitución de la República del Ecuador, 2008, con enmiendas hasta 2021 Plan nacional de desarrollo 2021, 2025, Resolución 2, Registro Oficial Suplemento 544 de 23-sep.-2021.
[8] Reglamento a la Ley Orgánica de Educación Intercultural. Decreto Ejecutivo No. 1241, de 19 de julio del 2012, publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 754 del 26 de julio del 2012.

Referencias Bibliográficas

Bibliografía consultada

[1] Aguilar Gavira, S., & Barroso Osuna, J. (2015). LA TRIANGULACIÓN DE DATOS COMO ESTRATEGIA EN INVESTIGACIÓN EDUCATIVA. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación(47), 73-88. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/368/36841180005.pdf

[2] Alonso, G., Paredes, M., & Salazar, G. (2020). Competencias docentes y conductas disruptivas: Un desafío permanente en el contexto educativo. Ciencia Digital, 4(31), 18-31. Obtenido de https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/1450/3626.

[3] Alvarez, F. A. (2021). Conductas disruptivas en el aula en niños de 5 y 6 años [Tesis de licenciatura, UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES]. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/63999/TRABAJO %20ACADEMICO%20-%20CHINGUEL%20ALVAREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[4] Andrade, H. (2019). CONDUCTAS DISRUPTIVAS EN EL AULA DE CLASES. Runin: Información, Educación y Pedagogía(7), 94-98. Obtenido de https://revistas.udenar.edu.co/index.php/runin/article/view/6036/6737

[5] Arias, L. (2023). Las Interacciones Sociales que se Desarrollan en los Salones de Clase y su Relación con la Práctica Pedagógica que realiza el Docente en el Aula. Revista Posgrado y Sociedad, 9(2), 23-57. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-LasInteraccionesSocialesQueSeDesarrollanEnLosSalon-3662261%20(2).pdf

[6] Concepción, G., Mar, B., & Cándido, G. (2010). Estudio comparativo de la gravedad atribuida a las conductas disruptivas en el aula. Electronic Journal of Research in Educational Psychology, 8(1), 33-58. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/2931/293121995003.pdf

[7] Dobarro, A., Álvarez-García, D., & Núñez, J. (2014). Asociación Nacional de Psicología Evolutiva y Educativa de la Infancia, Adolescencia y Mayores. INFAD. Revista de Psicología, 5(1), 487-492. Obtenido de https://doi.org/10.17060/ijodaep.2014.n1.v5.710

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 18, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Patterns and Determining Factors of Homicides in Ecuador: An Open Data-Based Analysis Approach and Predictive Tools

Patrones y factores determinantes de los homicidios en Ecuador: Un Enfoque de Análisis Basado en Datos Abiertos y Herramientas Predictivas

Wladimir Alexander Palacios Zurita [1,2,*] Edwin José Moran Estrada [2], Alexander Javier Paredes Romero [3,] Ely Stefanie Parra Tauriz [4,] Patricia Stefania Morillo Montenegro [5], and Manuel Fabricio Reyes Wagnio [6]

[1] Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López ESPAM MFL, Manabí. Ecuador. apalacios@espam.edu.ec
[2] University Bolivarian of the Ecuador, Duran, Guayas, Ecuador. ejmorane@ube.edu.ec
[3] Universidad de Guayaquil, Guayas, Ecuador. ajparedesr@ube.edu.ec
[4] University Bolivarian of the Ecuador, Duran, Guayas, Ecuador. esparrat@ube.edu.ec
[5] University Bolivarian of the Ecuador, Duran, Guayas, Ecuador. psmorillom@ube.edu.ec
[6] Universidad de Guayaquil, Guayas, Ecuador. manuel.reyesw@ug.edu.ec

Summary. In recent years, Ecuador has experienced an alarming increase in deaths violent, especially in intentional homicides, which presented serious challenges for public safety. This study analyzed trends and patterns of intentional homicides in Ecuador between January and November 2024. The objective was to explore the nature of these homicides and demonstrate how data analysis tools, such as Orange, can be used for tackle issues of public safety and support the take of decisions informed. He study, of guy explanatory and graphic, employment a design of networks neuronal and analyzed a data panel covering eleven months of the year 2024, using a historical approach. Intentional homicides in the country showed an alarming upward trend, especially in urban areas and in the province of Guayas. The majority of the homicides were tasks with arms of fire, and common crime was the main motivation behind these crimes. The victims were mainly single men of mixed ethnicity, which indicated a pattern social and demographic that urgent intervention was required. Addressing the underlying causes of crime and strengthening public security policies were crucial to reducing the homicide rate. This analysis underscores the need to implement data-driven solutions and more effective security policies to curb violence and improve security in the country.

Keyword: Ecuador; homicides intentional; security public; orange; analysis of data

Resumen. En los últimos años, Ecuador ha experimentado un alarmante incremento de muertes violentas, especialmente de homicidios dolosos, lo que presenta serios desafíos para la seguridad ciudadana. Este estudio analizó las tendencias y patrones de los homicidios dolosos en Ecuador entre enero y noviembre de 2024. El objetivo fue explorar la naturaleza de estos homicidios y demostrar cómo herramientas de análisis de datos, como Orange, pueden ser utilizadas para abordar temas de seguridad ciudadana y apoyar la toma de decisiones informadas. El estudio, de tipo explicativo y gráfico, empleo un diseño de redes neuronales y analizó un panel de

datos cubriendo once meses del año 2024, utilizando un enfoque histórico. Los homicidios dolosos en el país mostraron una alarmante tendencia al alza, especialmente en las zonas urbanas y en la provincia del Guayas. La mayoría de los homicidios fueron tareas con armas de fuego, y la delincuencia común fue la principal motivación detrás de estos crímenes. Las víctimas eran principalmente hombres solteros de etnia mixta, lo que indicaba un patrón social y demográfico que requería una intervención urgente. Abordar las causas subyacentes de la delincuencia y reforzar las políticas de seguridad pública eran cruciales para reducir la tasa de homicidios. Este análisis subraya la necesidad de aplicar soluciones basadas en datos y políticas de seguridad más eficaces para frenar la violencia y mejorar la seguridad en el país.

Palabras Claves: Ecuador; homicidios intencionales; seguridad pública; naranja ; análisis de datos

1. Introduction

The violence, especially in shape of intentional homicides, is one of the most complex and devastating problems for modern societies. Ecuador has experienced an alarming increase in levels of violence, particularly in relation to violent deaths, which that ha generated a growing concern among researchers, government authorities and the society in his set [1]. This The increase has highlighted the deep social problems and structural that underlying to the crime, highlighting the need urgent of tackle the causes fundamentals of this phenomenon (Zapata Mayorga & Kumar Vivas, 2024). This phenomenon affects not only the criminal justice system, but also fundamental aspects of public health and social well-being. Therefore, it is crucial to have accurate and up-to-date data that allows us to understand the underlying causes and dynamics of violence, in order to make informed decisions that contribute to the reduction of this problem [2]. The Government of Ecuador has promoted transparency in the area of public security through the Government of Ecuador's Open Data portal, where it makes various data sets available to citizens, including information on intentional homicides [3]. This resource offers key details, such as the date, geographic location, type of crime, and demographic characteristics of the victims. the victims, which allows a comprehensive analysis of the trends of homicide in the country. Public access to these data facilitates academic research and contributes to the improvement of policies public based in evidence (Ministry (Interior, 2025). This study uses the dataset "Intentional Homicides", available on the Open Data platform, with he purpose of analyze the tendencies and patterns of the homicides in Ecuador [4]. For it, The Orange program, a data analysis tool, will be used visual based in the mining of data and interactive visualization. Orange allows statistical analysis and predictive models to be built intuitively, without requiring advanced programming knowledge, which facilitates the exploration of large volumes of information. Through of this tool, HE will carry to cape a analysis descriptive of homicides in Ecuador, identifying correlations between geographic, temporal and demographic variables [5].

This work aims not only to explore the nature of intentional homicides in Ecuador, but also to demonstrate how accessible data analysis tools, such as Orange, can be used to address complex public safety problems and contribute to informed decision-making that improves the lives of victims. security in the country.

2. Methodology Computational

This data analysis was conducted within the framework of a datathon, using a set of 6,276 records of intentional homicides that occurred in Ecuador between January and November of 2024. The data, coming from from the public access database "Open Data of Ecuador" of the Ministry of Interior (2025), offer official, reliable and quality statistical information which aim to contribute to the design of public policies in citizen security, facilitating decision-making and optimizing territorial management [6]. The dataset includes variables such as: type of death, location of the incident (zone, sub-zone, district, circuit, province, canton, coordinates, place and type of place), date and time of the incident, type of weapon used, alleged motivation, and qualitative data on the victim (age, sex, gender, ethnicity, marital status, nationality, disability, profession, civil registration and education). For the analysis, the Orange Data Mining tool was selected for its ability to integrate visualization and predictive analysis in an efficient and accessible environment. The research adopted a quantitative approach to explore and analyze the information accurately.

2.1. Implementation in Orange

Data analysis began with the import of the database in CSV format into the Orange tool, using the "File" widget. From this central point, five distinct analysis flows were developed, each with a specific purpose. and a

configuration particular, besides HE added a flow of additional text processing, so the final pipeline developed in Orange had six analysis flows (See Annex 1). Below, the methodology and configuration of each flow is described, detailing the use of the widgets involved in the process [8]:

Flow 1: The workflow for loading analysis and initial data exploration was structured as follows:

1. **Data Info:** This widget was used to get an overview of the data, providing crucial information about the characteristics of the dataset before applying more advanced techniques. Specifically, the selected database has: 6275 rows and 34 columns, 21 variables They are categorical, 6 variables are numerical and 7 variables They are text. (Fig. 1) [8].

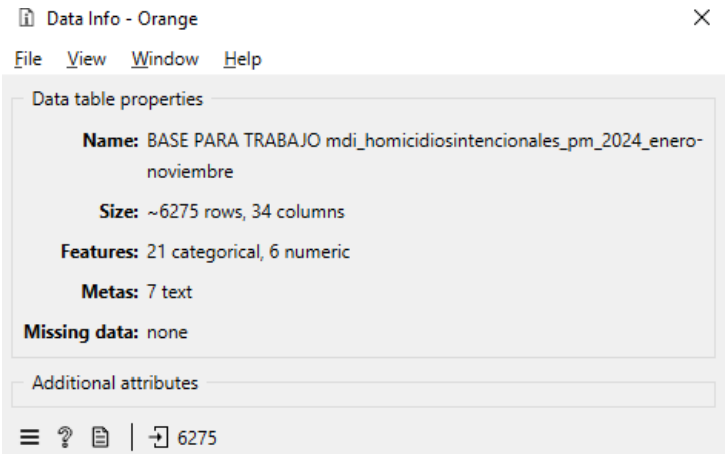


Figure 1. Widget Data Info - Flow 1

2. **Data Table:** This widget visualized the data in tabular format, making it easy to inspect and explore. In this study, HE confirmed that the base of data consisted of 6275 instances with complete data, without variables missing. HE noticed the presence of 27 characteristics and 7 meta attributes, although No HE identified a variable explicit-objective. "Data Table " allowed the verification and exploration of the values, both before as after of apply transformations or analysis (Fig. 2).

Figure 2. Widget Data Table - Flow 1

3. **Feature Statistics [11]:** This widget is used to inspect and find potentially interesting features in the given dataset (Orange Data Mining, n.d.). For the purposes of this study, it was used to facilitate exploration, ID of patterns and the detection of outliers, where a specific color scheme was applied to the variable "guy of death": Murder (light blue), Femicide (red), Homicide (green) and Sicariato (orange). This scheme allowed visualize and clearly relate the statistics of the variables in the context of the analysis of Intentional Homicides. Additionally, " Feature Statistics " provided metrics such as: Distribution, Mode, Mean, Dispersion, Minimum

and Maximum (Fig. 3).

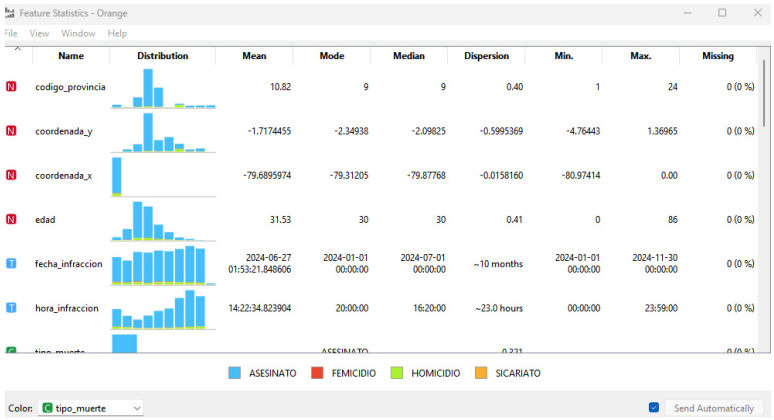


Figure 3. Widget Feature Statistics - Flow 1

4. **Box Plot :** This widget was used to visualize the distribution of numerical variables using box plots showing the interquartile range (IQR), with a line inside representing the median (Q2). The "whiskers" extend from the box to the minimum and maximum values (Neto et al., 2017). Thus, "Box Plot " was instrumental in identifying variability, detecting outliers, and obtaining an overview of how numerical features are distributed in the Intentional Homicides dataset. In this case, the variable "type of death" was used as the main filter to analyze the distribution of other variables, including "Province", "Alleged motivation", "Weapon", "Sex" and "State civil".

Flow 2: He flow of job for he analysis of geocoding HE development of the following manner:

1. **Geocoding:** This widget was used for transform the coordinates geographic (latitude and (length) into information about the administrative region to which they belong. To do this, the coordinates present in the columns "Y coordinate" and "X coordinate" were decoded, obtaining as a result the name of the first-level administrative subdivision. The main objective was to enrich the data with relevant geographic information, thus facilitating its understanding for analysis and visualization. (Fig. 4).

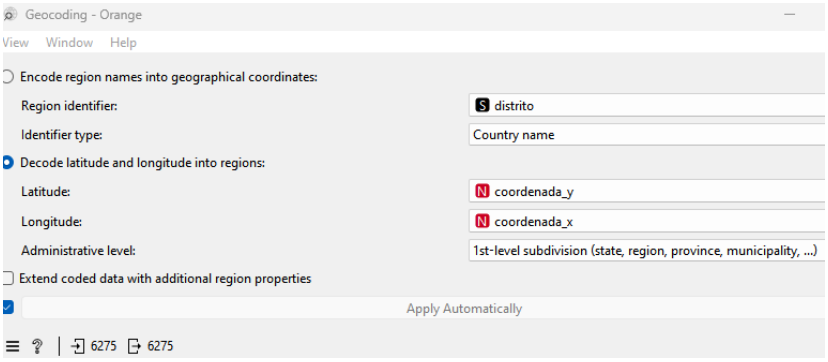


Figure 4. Widget Geocoding - Flow 2

2. **Geo Map:** This widget was used to visualize the data geographic in a map. HE They took as input the geographic coordinates ("Y coordinate" and "X coordinate") and were colored the points according to the values in the "presumed motivation" column. The fundamental purpose was to visually represent the spatial distribution of the data and to identify possible geographic patterns related to the different categories of motivation (Fig. 5).

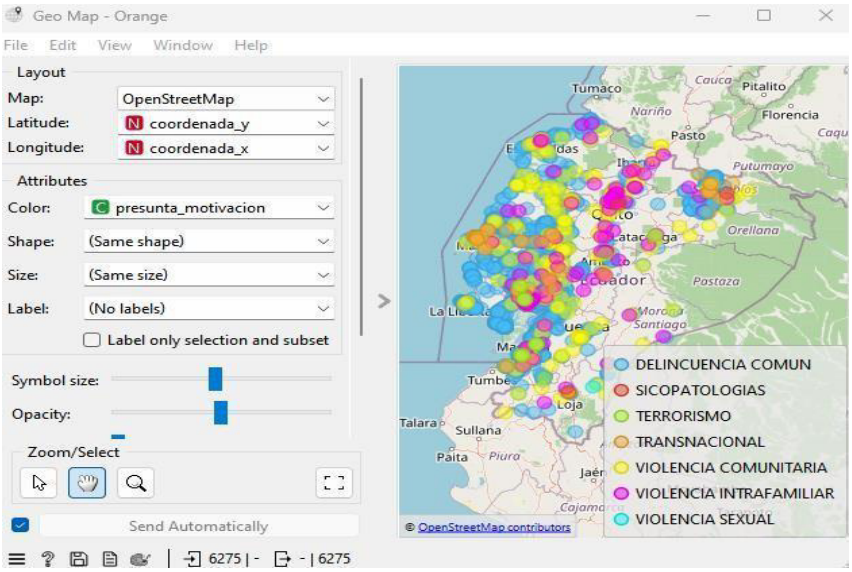


Figure 5. Widget Geo Map - Flow 2

3. **Data Table:** This widget was used to visualize the results of the process of geocoding in tabular format. Provided a detailed view of the new columns generated with administrative information (first-level subdivision), along with the original columns of coordinates and the presumed motivation. It allowed for accurate inspection of the geocoded data, ensuring its integrity before proceeding with the analysis.

Flow 3: The workflow for developing the classification model (Naive Bayes) was carried out of as follows:

1. **Select Columns:** This widget was used to filter and select key variables from the dataset, focusing the analysis on the most relevant characteristics. In this case, variables such as geographic location, type of crime, age and gender of victims, among others, were selected. These characteristics were considered determinants to understand intentional homicide trends. in Ecuador between January and November 2024.

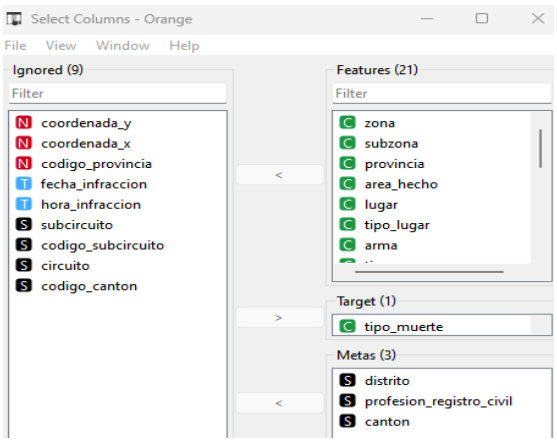


Figure 6. Widget Select Columns - Flow 3

2. **Naive Bayes:** After the selection of the key variables, the model was trained. classification. HE employment he sorter Naive Bayes, a algorithm probabilistic that assumes the dependence between the characteristics of the data set (Hofmeyr et al., 2024). This model was used to predict the probability that a homicide intentional occur low certain conditions, providing a perspective to analyze the factors that influence the homicide rate in Ecuador (Fig 7).

Figure 7. Widget Naive Bayes - Flow 3

3. **Confusion Matrix:** This widget was used to visualize the confusion matrix, which shows the correct and incorrect predictions of the model. It facilitated the analysis of the model's performance, identifying the types of errors (false positives and false negatives).

4. **Feature Importance:** To better understand the impact of each variable on homicide prediction, the " Feature " widget was used. Importance ". This widget calculated the influence of each feature in the model, allowing to determine which factors are most determining in the occurrence of intentional homicides.

5. **Test and Score:** Once the model was trained, it was necessary to evaluate its performance. To do this, the "Test and Score" widget was used, which performed cross-validation and calculated metrics such as precision , recall , and accuracy of the model. The results indicated that the Naive model Bayes showed reasonable accuracy, suggesting its usefulness for predicting the probability of homicide under certain conditions.

6. **Data Table:** This widget HE used for introduce a board interactive with the instances of the data and their corresponding model predictions. It facilitated the verification and analysis detailed of the results of the model, showing the predictions along with the values royal.

Flow 4: He flow of job for he analysis exploratory of data and views included:

1. **Select Columns:** The following was used " Select " widget Columns " to select the variables of interest for exploratory analysis. Unlike other flows, this widget was not used to filter a subset of data for a specific model, but rather to choose the variables that would be relevant for exploration. visual.

2. **Box Plot:** The "Box Plot " widget or scatter diagram visually represents the relationship between two variables, offering the reader key information immediately. These graphics allow observe the shape of the relationship, the size of the sample analyzed and the impact that outliers may have on the analysis (Sainani , 2016). In this study, HE used for explore the distribution of the selected variables (Type of death by type of weapon – Guy of death by age range), using a color scheme that differentiates each variable used.

3. **Distribution:** This widget was used to visualize the distribution of each variable individually. It presented histograms and probability density plots, providing an understanding of the distribution. detailed how the data is distributed for each feature.

4. **Scatter Plot:** It was used to visualize the relationship between pairs of variables numerical. Scatter diagrams were generated that allowed us to explore whether there were correlations or patterns between the selected variables.

Flow 5: The workflow implemented for the clustering analysis and classification included the following stages:

1. **Data loading and preprocessing:** The dataset was loaded using the "File" widget on the platform Orange. Due to the Limitations of the algorithm K- means for process further of 5,000 records, random sampling was applied with the "Data Sampler " widget. This procedure allowed the size of the data set to be reduced to a representative sample of 5,000 cases, ensuring that the diversity of observations was maintained (Fig. 8).

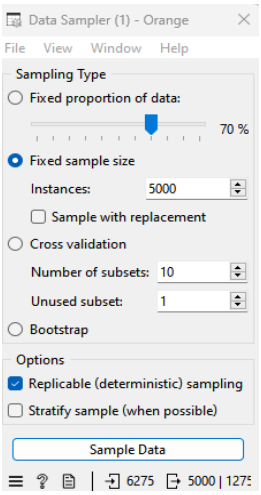


Figure 8. Widget Data Sampler – Flow 5

2. **Clustering with K- means:** A clustering analysis was performed using the K -means algorithm, setting the model for explore a range of cluster values between 2 and 18. The evaluation of the quality of the clusters was based on the Silhouette Score, which measures the cohesion and separation of the clusters. According to Artus (2024), a high score in this metrics indicates a well-defined structure in the data. In this case, the model with two clusters got the highest score with a silhouette coefficient of 0.624, it that suggests a clear separation and cohesion of the data. Therefore, the two-cluster model was selected for further analysis. In addition, a column normalization process was applied to ensure that the variables contributed equally to the analysis, avoiding the predominance of those with a larger scale (Fig. 9)

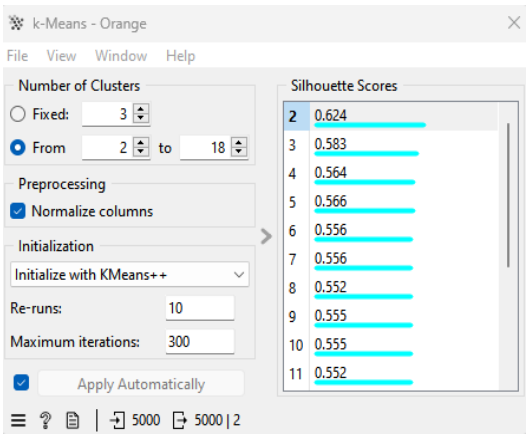


Figure 9. Configuration of the Widget K- Means – Flow 5

3. **Variable selection: To identify the most relevant features in the characterization of each cluster, the** " Select " widget was used. Columns ". This process allowed discrimination between the predictor variables and the target variable. The selected variables included province, area of the event, gender, type of death, presumed observed motivation, weapon, location and ethnicity, assigning the generated cluster as the target.

4. **Classification with Naive Bayes:** To understand the relationship between the selected variables and the clusters, the widget was used Naive Bayes (NB). This probabilistic model, based on Bayes ' theorem, assigns observations to the most probable class considering the independent variables (Romano et al., 2024, p. 237). The NB allowed to analyze the importance of each variable in the classification, showing how each attribute influences the assignment to a cluster specific.

5. **Display of results:** Finally, to visualize the relative relevance of each variable in the classification model, is used he widget Nomogram. This widget is configured for show the variables in order of absolute importance for both clusters.

Flow 6: As mentioned above, A flow based on text analysis was used, the purpose of which was to create a word cloud based on the theme "Security in Ecuador". Thus, the flow included the following widgets:

1. **Wikipedia:** This allowed obtaining information directly from Wikipedia on a specific topic. That is, it takes a concept, searches for the corresponding article on the platform and returns a summary or fragment of the text. In the case of this study, the term "security in Ecuador" was queried, which must be searched in Spanish. The retrieved text included the title, content and relevant summaries of the article.

2. **ChatGPT Constructor: Allowed the integration of the** ChatGPT language model to perform text processing and content generation. In the current work, a search parameter focused on "Keywords on security in Ecuador" was generated with a "gpt-3.5-turbo" model, obtaining a unique code to identify and authenticate the user (API Key).

3. **Preprocess Text:** This widget allowed you to clean and prepare the text before analyzing it. This The process was essential since raw texts often contain errors and unnecessary elements. which can negatively affect the results of the analysis. Having well-processed data significantly improves the quality of the results. In this case study, the text was processed by transforming it into lowercase, tokenization was performed using expressions regular (\w+) and stop words and numbers were excluded (Fig. 10).

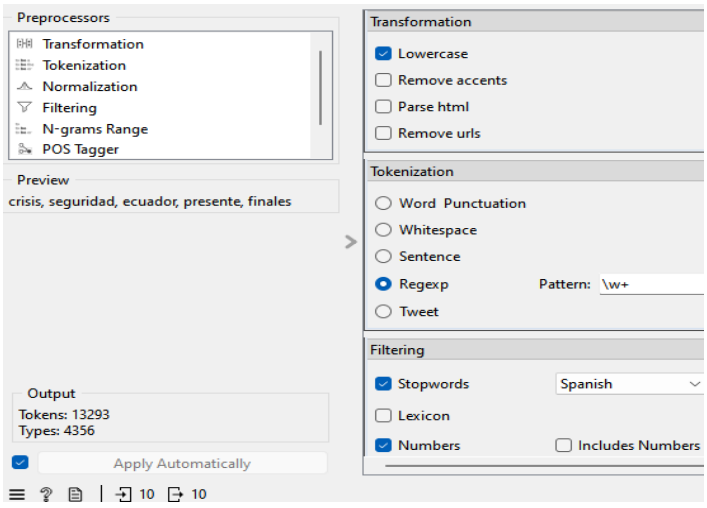


Figure 10. Configuration of the Widget PreprocessText – Flow 6

4. **Word Cloud:** Allowed the generation of a visual word cloud from of a set of text, in In this case, on keywords related to security in Ecuador previously requested. The most frequent and important words are shown in a larger size, making it easier to identification of the most frequently occurring terms.

3. Results and Discussion

Flow 1: Exploration of data through Box Plot

The distribution of the data can be observed in the box diagram according to the t ipo of death occurred By Province of Ecuador between January and November 2024:

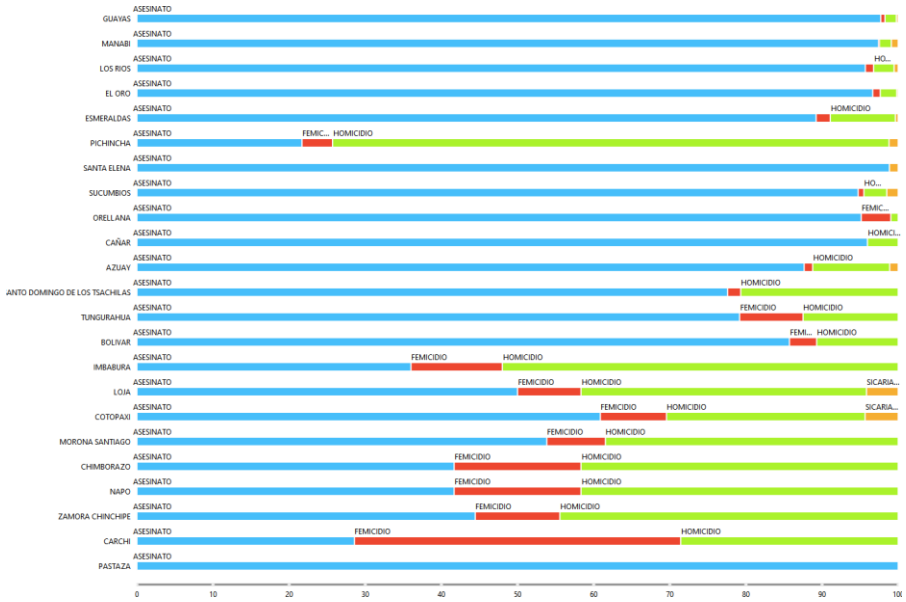


Figure 11. Guy of death by Province of the Ecuador

The graph shows the distribution of murders, femicides, homicides and contract killings in various provinces of Ecuador, showing that murder predominates in most of them, although with significant variations. Provinces such as Carchi, Imbabura, Cotopaxi, Morona Santiago, Chimborazo, Napo and Zamora Chinchipe show a combination of these crimes, including notable proportions of femicide and homicide, and in some cases, contract killing, while Guayas, Manabí, Los Ríos, El Oro, Esmeraldas, Santa Elena and Pastaza present a high incidence of murder as the main crime. The diversity in the proportions of each type of crime between provinces suggests different and complex dynamics of violence, highlighting the need of more detailed studies to understand these particularities and to be able to implement prevention and control strategies of the effective crime in each region (Fig. 11).

So same HE obtained the distribution of data in the box plot according to the t Type of death occurring due to presumed motivation between January and November 2024:

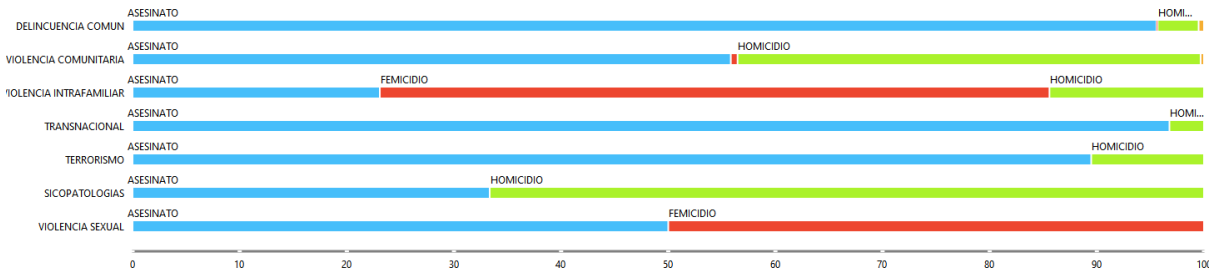


Figure 12. Guy of death by Alleged Motivation

The graph shows the distribution of murders, femicides and homicides according to different causes or contexts, where murder predominates in the most of the categories, although with notables variations in proportions. Common crime, transnational causes and terrorism show a high incidence of murders with a minimal representation of other crimes, while community violence, domestic violence and psychopathologies reflect a

combination of murders and homicides. By his part, the violence sexual stands out by a proportion significant of femicides, even surpassing murders in this category. These differences in proportions suggest that each cause or context has particular dynamics of violence that require deeper analysis and implementation. of specific prevention and control strategies crime for each case (Fig. 12).

By on the other hand, it obtained the distribution of the data in he diagram of boxes according to het ipo of Death occurring due to the sex of the victim, which includes the categories male, female, and undetermined, between January and November 2024:

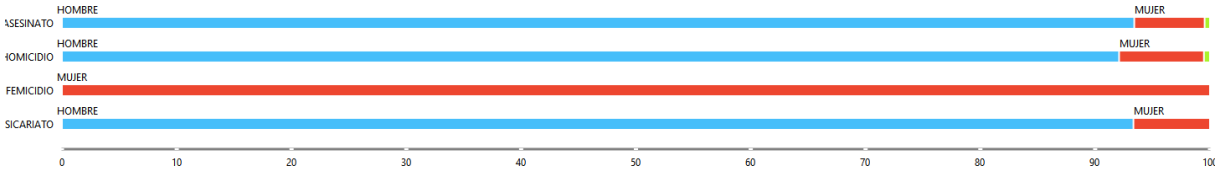


Figure 13. Guy of Death by Sex of the victim

The graph shows the distribution of murders, homicides, femicides and contract killings according to the gender of the victim (Fig. 13), where it can be seen that murders, homicides and contract killings mostly affect men, although with a small proportion of women and undetermined cases, while femicide is almost entirely presented as a crime committed against women. The presence, although minimal, of undetermined cases in the crimes analyzed, suggests the need for a record further necessary to obtain a complete overview of the situation. This marked differentiation in the proportion of victims by gender highlights the urgency of implementing prevention and care strategies specific to each type of crime and each gender.

Flow 2: Geographical Analysis

The distribution map showed the following geographic results for the variable “Presumed motivation”:

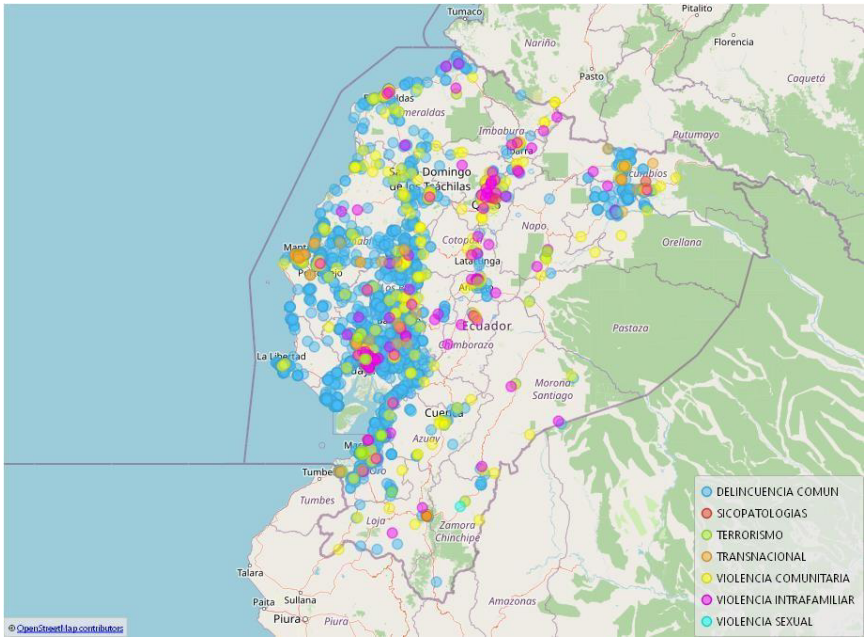


Figure 14. Map of distribution by alleged motivation

"Common crime" (represented in blue) is the most prevalent category on the map, showing a wide distribution across various regions. Specific geographic patterns can be identified for certain categories of violence. Domestic violence (represented in magenta) tends to be more dispersed and present in several areas of the country, while other types of violence such as "psychopathologies" (red) or "terrorism" (green) are more concentrated in certain regions. Community violence (yellow) is another type with a good distribution on the map. The points corresponding to "sexual violence" (cyan) show a more dispersed distribution, but with some notable foci, particularly in urban and coastal areas. The presence of transnational violence (orange) is scarce compared to

other categories, although some specific foci can be identified (Fig. 14).
The distribution map also shows the geographic results for the variable “Actual area”:

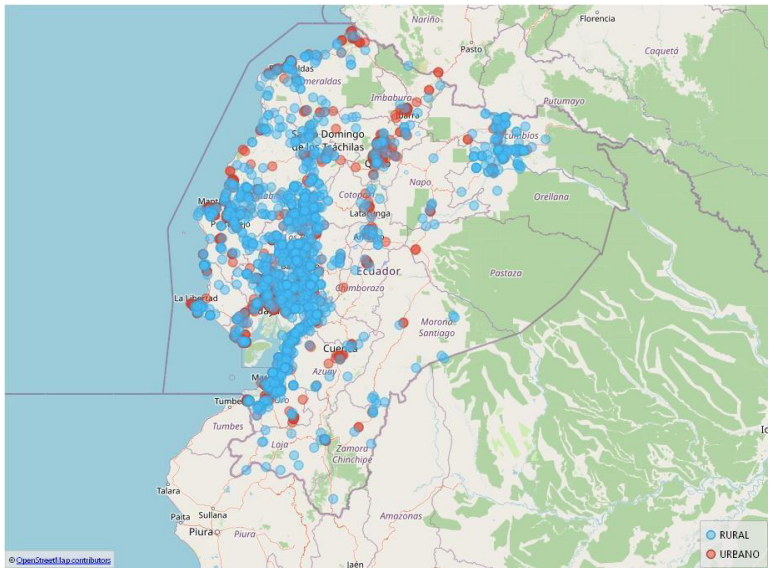


Figure 15. Map of distribution by Area of made

The map shows the geographical distribution of incidents in Ecuador by area, differentiating between urban (red) and rural (blue) areas. Incidents in rural areas predominate, although Urban incidents show concentration in major cities. The visualization highlights the disparity between urban and rural areas, and the importance of considering differentiated approaches for each type of area (Fig. 15).

Flow 3: Analysis of the model of classification (Naive Bayes)

The results showed through Features Importance that variables as he place of the crime and the The age of the victims was the most influential, which could indicate specific patterns in the areas with higher homicide rates or in certain demographic groups (Fig. 16).

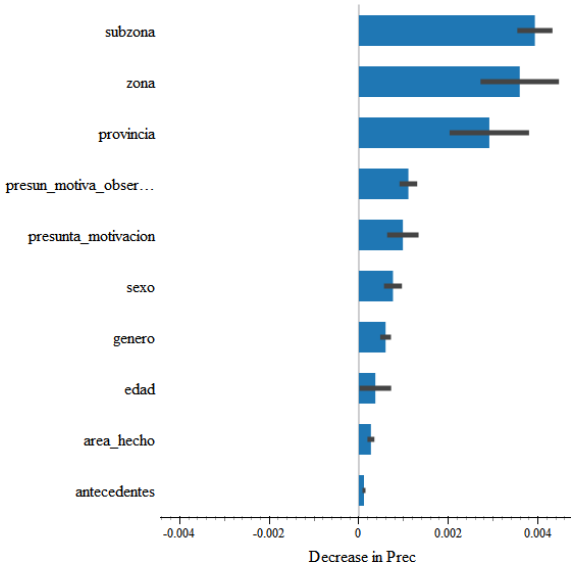


Figure 16. Result Feature Importance - Flow 3

On the other hand, through Test and Score the results showed that the model of Naive Bayes had reasonable accuracy, suggesting that, despite its simplicity, it is suitable for predicting homicide probabilities under certain conditions (Fig. 17)

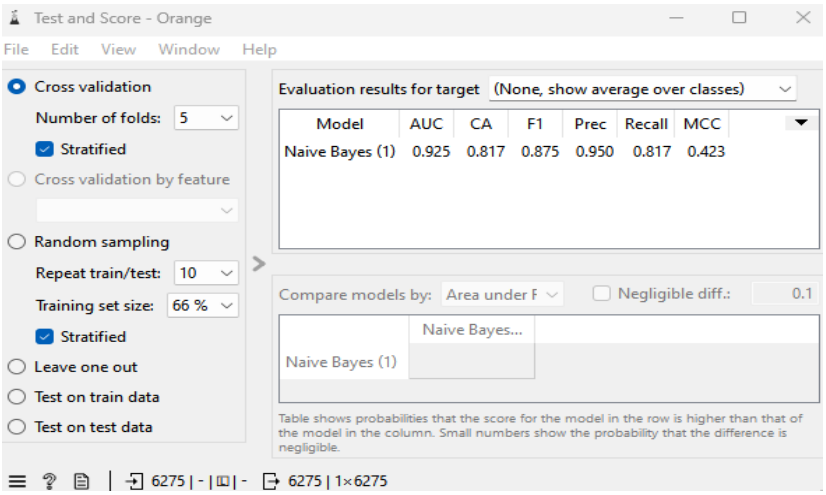


Figure 17. Results Test and Score - Flow 3

Analysis with the Naive classifier Bayes showed an accuracy of 76.6%, revealing that the variables Most influential in predicting homicide were geographic location and age of the victim.

The confusion matrix showed greater accuracy in the classification of intentional homicides in urban areas, while the most frequent errors occurred in cases from rural areas with lower data density.

Table 1. Results Matrix of Confusion

Actual \ Predicted	MURDER	FEMICIDE	HOMICIDE	CONTRACT KILLING
MURDER	76.6%	0.6%	3.8%	19.0%
FEMICIDE	4.1%	93.2%	1.4%	1.4%
HOMICIDE	12.9%	3.2%	71.8%	12.1%
CONTRACT KILLING	60.0%	0.0%	10.0%	30.0%
Σ	4509	112	496	1158

Flow 4: Analysis exploratory of data

Once the columns considered relevant for the analysis have been selected using the widget Select Comumns was connected to a Box Plot to analyze the categorization of homicides by type of death and type of weapon, thus obtaining.

The graph illustrates the distribution of the types of weapons used in different types of deaths: murders, homicides, femicides and contract killings. In the In the case of murders, a combination of weapons is observed, although with a marked predominance of firearms (green), followed by a significant proportion of knives (blue) and a lower incidence of blunt weapons (red). Homicides, on the other hand, show a higher proportion of use of knives (blue), followed by blunt weapons (red) and firearms (green). A portion of homicides caused by construction or similar objects (orange) and other types of objects (yellow) is also observed. In the femicides, the picture is similar to that of homicides, with a predominance of bladed weapons (blue), followed by blunt weapons (red) and firearms (green). In contrast, hitmen They are characterized by an almost exclusive use of firearms (green), which suggests intentionality and planning in this type of crime. general, the graph sample that the Murders, homicides and femicides are usually carried out with a greater variety of weapons, while contract killings are almost exclusively associated with the use of firearms. These differences may indicate variations in the planning, context and motivation of each type of crime.

On the other hand, when making the comparison with the ages of the victims, HE noticed that in all the guys

of death the mean and the median are close, that is to say that there is no major dispersion in the data, in addition to the fact that the ages in all cases are similar, so it can be said that the population group mainly Those affected by this problem are adults between 22 and 43 years old.

Widget was used Distributions to analyze how the data is distributed within this sample and it was observed that Guayas is by a lot the province with elderly index of homicides, followed of Manabi and Los Rios.

In order to have a clearer vision of the patterns that could influence to the Commitment of the homicides, was related by Scatter Plot the variables type of deaths and presumed motivation associated to the sex of the victims. The distribution of the data shows that in general terms homicides are mainly associated with common crime, however, it can be notice that out of this cause, The cases where the victims are men are distributed in different groups, that is, they are motivated by different reasons, unlike the homicides of women, which are concentrated in domestic violence

Flow 5: Analysis of the nomogram and characterization of clusters

The results obtained reflect how the applied clustering and classification techniques allow identifying significant patterns in the data and understanding the relevance of the variables selected in the segmentation. This section describes the main observations derived from the analysis of the Cluster 1 and 2 (C1 and C2) where the "dot" scale at the top of the graph indicates how each variable influences the probability of a case belonging to the analyzed cluster, while the "total" values at the bottom show the total contribution of the selected variables.

- **Cluster C1:**

The categories inside of the variables that influence in the belonging to the cluster C 1 (Fig. 23) are the following:

1. **Place:** Homicides in places such as "public transport", "warehouses", "parking lots", "beauty salons", "hotels", " night clubs", "industries", and "bus stops/bars" tend to have a negative impact on membership in cluster C1. In contrast, places such as "river", "coffee shops", "beach", "ports", "apartment in a house or building", "farm", "country houses", "public companies" and "shopping centres" have a negative impact on membership in cluster C2. a greater probability belonging to cluster C1. That is, the place is a strong differentiator. Homicides that occur in places more associated with the life everyday life has more to do with cluster C1.

2. **Alleged motivation:** Motivations such as "debts", "terrorism", "property litigation" and "car theft" tend to decrease the probability of belonging to C1. On the other hand, motivations such as "threat", "lynching", "cattle rustling" and "smuggling" show a higher probability of belonging. to the cluster C1. HE can infer that he guy of motivation of homicide play a crucial role. Conflicts or criminal motivations have a greater association with cluster C1, unlike homicides motivated by economic issues. or organized crime.

3. **Ethnicity:** The "Asian" ethnicity has a negative correlation with cluster C1. The "indigenous" and "Afro" ethnicities have a negative correlation with cluster C2. positive with cluster C1.

4. **Gender:** Homicides involving " transfeminine " or " trans " gender persons have a high correlation with cluster C1. In contrast, homicides involving "transfeminine" or "trans" gender persons are highly correlated with cluster C1. "male" have a lower probability of belonging to cluster C1. Thus, it can be observed that gender is a strong predictor, cases of trans or transfeminine people have a great positive influence, while the presence of a man in homicide has a effect negative.

5. **Province:** Provinces such as Pastaza, Imbabura, Los Ríos, Chimborazo, Napo and Zamora Chinchipe have a positive relationship with cluster C1. Provinces such as Azuay, Loja and El Oro decrease the probability of membership.

6. **Type of death:** The category " femicide " has a strong correlation with cluster C1. "Homicide" or "Murder" have a strong correlation negative.

7. **Weapon:** The type of weapon plays a role, although it is minor. The presence of a "blade weapon" slightly increases the probability of belonging to cluster C1, unlike "blunt weapon" or "construction weapon".

8. **Area of the event:** Cases occurring in rural areas have a slight positive correlation with cluster C1.

- **Cluster C2:**

The categories inside of the variables that influence in the belonging to the cluster C2 (Fig. 24) are the following:

1. **Location:** Location is a distinctive factor. Places associated with commerce and leisure, such as shopping malls or gyms, have less of a relationship with the cluster C2. Places associated with the crime, urban life or public transport are more likely to belong to this cluster.

2. **Alleged motivation:** The type of motivation is a differentiator. homicides partners to Robberies, sexual crimes or mental disorders are less likely to belong to C2, while homicides associated with criminality, conflicts or emotional issues are more likely to belong to this cluster.

3. **Ethnicity:** Ethnicity is a relevant factor. Homicides involving people of mixed-race, indigenous or montubia ethnicity have a higher correlation with cluster C2, while people of white or Asian ethnicity have a lower correlation.

4. **Gender:** Gender is a strong predictor. Homicides in which the victim is male are more strongly associated with cluster C2, while the presence of trans or transfeminine people has the opposite effect.

5. **Province:** Provinces such as El Oro, Sucumbíos, Loja, Azuay, Tungurahua and Guayas have a negative correlation with cluster C2. On the other hand, provinces such as Bolívar, Pichincha, Cotopaxi, Manabí, Napo and Pastaza present a correlation positive.

6. **Type of death:** The type of death is a distinguishing factor. Hitman and murder HE associate more with cluster C2, and femicides have less relation with this cluster.

7. **Weapon:** The use of "Firearm" has a positive correlation with the C2 cluster, while "Blunt Weapon" or "Constructor" have a negative correlation.

8. **Area of the event:** Homicides that occur in "urban areas" have a elderly correlation with Cluster C2. Those that occur in rural areas present correlation negative.

Between the patterns further significant in each cluster HE find:

- **Cluster C1:** Nomogram analysis revealed that the place, the alleged motivation and the ethnicity are very influential variables for cluster C1. Within this cluster, a significant pattern emerges in homicides that occur in places associated with daily life, such as apartments in houses or buildings or farms, where the motivation is linked to interpersonal conflicts or criminality such as threats or lynching, and where the victim is of indigenous or Afro ethnicity. This pattern suggests that cluster C1 is associated with homicides of a local and conflictive nature, which occur in a domestic or everyday context where indigenous or Afro-descendant populations are more vulnerable.
- **Cluster C2:** The results of the Nomogram indicate that the place, the alleged motivation and the gender are key components of cluster C2. A significant pattern in this cluster is homicides that occur in places associated with crime or urban life, such as public transport or public roads, motivated by acts of hate or threats, and where the victims are of gender male. This pattern of cluster C2 point out toward a typology of homicides with a strong burden of interpersonal violence occurring in urban areas and with male victims.

4. Discussion

This study reveals patterns differentiated in the homicides in Ecuador, evidencing two big guys violence with its own characteristics. The first is associated with homicides resulting from interpersonal conflicts and everyday contexts, while the second is more closely linked to organized crime and urban violence. As for the location of the crime, homicides tend to occur in private spaces such as homes or buildings, followed by public spaces such as beaches, rivers and transportation, which reflects different dynamics of violence in the country.

Regarding the motivations for homicides, they are mainly related to interpersonal conflicts and criminal motivations such as drug trafficking. This pattern is consistent with what has been reported by Ochoa (2023), who pointed out that sentimental motivations predominate in femicides, while organized crime contributes to the increase in violence, as Pierre highlights. (2013).

In how much to the ethnicity, HE observe a elderly incidence of homicides in people of ethnic groups mixed race,

indigenous and Afro-descendants, which could be related to the practices of racial discrimination prevalent in Ecuador, as pointed out by Benavides (2013). On the other hand, the relationship between mestizo, indigenous and Afro-descendant ethnic groups and montubias with urban violence also highlights the intersection between discrimination, crime and violence, which is presented as an important variable for the study of the criminality in the country.

He gender is other factor clue in the patterns observed. The homicides of people trans and

Transfeminine women associate with interpersonal conflicts, while men are more linked to organized crime. This finding reinforces the need to address violence from a gender perspective. It coincides with the studies of Cisne et al. (2020), who reported a higher incidence of violent deaths in men, which is linked to homicides related to the organized crime. Finally, the type of death also reflects this division, already that he femicide HE associated with interpersonal violence, while contract killings and murders with firearms are more closely linked to criminal violence. This is compared with the report of the Ecuadorian Observatory of Organized Crime (OECO, 2024), which links the increase in homicides with the increase in crimes committed with firearms.

A time preprocessed he text related with the theme "Security in he Ecuador" and using the Word Cloud tool, the following word cloud was obtained.

The word cloud generated from the theme "Security in Ecuador" reveals central terms such as "police," "security," "social," "Ecuador," and "national," which are the key concepts in this topic. In addition, "forces," "armed," "government," and "ministry" stand out, indicating the importance of institutions and entities in managing security. The presence of words such as "crisis," "crime," and "murdered" points out problems and challenges in the matter. The legal and political context is reflected in words such as "system," "law," and "constitution." So Same, aspects are mentioned social and economic ones like "banks," "work," "health", "well-being" and "education", demonstrating that security is intertwined with various aspects of society. The word cloud, taken together, offers a vision general overview of the key components that influence the security issue in Ecuador (Fig. 25).

5. Conclusions

This study offers a detailed overview of intentional homicides in Ecuador, analyzing the types of death, the provinces with the highest incidence, and the motivational factors behind these crimes. Murder was identified as the most frequent type, while contract killing represents a lower percentage. In addition, the provinces of Guayas, Manabí, and Los Ríos have the highest homicide rates, suggesting that geographic, economic, and social factors may be influencing this problem. As for motivations, common crime is the main cause of homicides, with the majority of victims being mestizo men. However, in cases where the victims are women, a strong relationship with domestic violence was evident, which highlights the persistence of gender violence as an urgent social problem. It was determined that the age of the victims ranges between 22 and 43 years, with no significant variations. The integration of C1 and C2 cluster analysis allowed for a more holistic understanding of the

phenomenon, identifying distinct patterns in the occurrence and motivation of homicides. This data segmentation provides a solid basis for the design of more effective prevention and mitigation strategies. In this context, the Orange tool proved to be fundamental for data analysis, offering a visual interface that facilitates the exploration of trends and patterns. Its ability to integrate data mining, preprocessing and visualization processes allows for efficient and accessible analysis for data-driven decision making.

From a neutrosophic perspective, this research can be strengthened by applying neutrosophic logic and its methods, which allow for handling the uncertainty, contradiction, and indeterminacy present in the analysis of complex phenomena such as intentional homicides. Neutrosophic theory, by extending classical and fuzzy logic, allows for modeling factors that cannot be classified in a binary manner (such as "common crime" vs. "gender violence"), but rather in degrees of belonging that simultaneously consider the certainty, falsity, and indeterminacy of the data. The use of fuzzy neutrosophic sets could help to better interpret the interrelationship between variables such as geography, socioeconomic level, motivations, and context of homicides, offering a more nuanced view of causal relationships. Likewise, neutrosophic decision-making could be applied to evaluate multiple scenarios in the design of crime prevention policies, considering the variability and uncertainty inherent to the phenomenon of violence. In conclusion, the results of this study provide key information for future research and homicide prevention strategies in Ecuador. The integration of advanced analysis tools and innovative approaches such as neutrosophy will allow for the development of more accurate predictive models and more effective public policies, thus contributing to the reduction of violence and the improvement of citizen security.

References

[1] V. Artus (2024), " Clustering Metrics: Evaluate the complexity, make it simple," Medium, [Online]. Available: https://medium.com/@vladimir-artus/%D1%81lustering-metrics-evaluate-the-complex-make-it-simple-6ae70c0f164b.

[2] M. Benavides Benalcázar (2013), "The crime of hate and the protection of the right to equality and non-discrimination," in Criminological Profile. Hate crimes: A recognition of equality and dignity, Attorney General's Office of the Ecuadorian State, pp. 4–7, [Online]. Available: https://www.fiscalia.gob.ec/images/PerfilCriminologico/criminologico7.pdf.

[3] D. Hofmeyr, F. Kamper , and M. Melonas (2024), "Optimal Projections for Classification with Naive Bayes," arXiv [stat.ML], [Online]. Available: http://arxiv.org/abs/2409.05635.

[4] M. Lopez Bravo, R. Maria del Swan, E. Mejia Suarez, and L. Ordonez Mullo (2020), "Deaths from injuries caused by firearms and explosives, registered at Quito Institute of Forensic Sciences and Criminalistics from 2017 to 2019," Universidad Ciencia y Tecnología , vol. 24, no. 103, pp. 35–40, doi :10.47460/uct.v24i103.355.

[5] Ministry of the Interior EC (2025), "Intentional Homicides Ecuador 2024," Open Data Catalog of the Government of Ecuador, [Online]. Available: https://www.datosabiertos.gob.ec/dataset/homicidios-intencionales/resource/cb8f704e-2b27-4d7f-9431-d40c4e27fa48.

[6] Ecuadorian Observatory of Organized Crime (OECO) (2024), "Biannual bulletin of intentional homicides in Ecuador," [Online]. Available: https://oeco.padf.org/wp-content/uploads/2024/09/Boletin-semestral-de-homicidios-Primer-semestre-de-2024_compressed.pdf.

[7] Femicidal violence in Ecuador: analysis with a criminological perspective," Revista de Derecho, vol. 8, no. 1, pp. 80–102, doi : 10.47712/rd.2023.v8i1.236.

[8] M. Romano, G. Zammarchi , and C. Conversano (2024), "Iterative threshold-based Naïve Bayes classifier," Statistical Methods & Applications, vol. 33, no. 1, pp. 235–265, doi :10.1007/s10260-023-00721-1.

[9] KL Sainani (2016), “The value of scatter plots,” PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation, vol. 8, no. 12, pp. 1213–1217, doi: 10.1016/j.pmrj.2016.10.018.

[10] P. Salama (2013), "Homicides: Is violence inevitable in Latin America?" Frontera Norte, vol. 25, no. 49, pp. 7–27, [Online]. Available: https://fronteranorte.colef.mx/index.php/fronteranorte/article/view/790/301.

[11] JV Neto, CB Dos Santos, É. M. de Torres, and C. Estrela (2017), " Boxplot: a graphic resource for the

analysis and interpretation of quantitative data," Revista Odontológica do Brasil Central, vol. 26, no. 76, pp. 1–6, doi :10.36065/robrac. v26i76.1132.

[12] HA Zapata Mayorga and A. Kumar Vivas (2024), "Analysis of Intentional Homicides in Ecuador Using Tree Regression and Random Forest Models," Scientific Journal.

[13] P. Liu and Y. Wang (2014), "Multiple attribute decision-making method based on single-valued neutrosophic normalized weighted Bonferroni mean," Neural Computing and Applications, vol. 25, no. 7-8, pp. 2001–2010, doi : 10.1007/s00521-014-1688-8.

[14] S. Broumi, M. Talea, A. Bakali , and F. Smarandache (2016), "Single valued neutrosophic graphs," Journal of New Theory, no. 10, pp. 86–101, [Online]. Available: http://www.newtheory.org/archive/volume-10-2016.

[15] R. Şahin (2017), "Neutrosophic hierarchical clustering algorithm and its application in decision making," Journal of Intelligent Systems, vol. 26, no. 3, pp. 515–526, doi: 10.1515/jisys-2015-0131.

[16] N. Batista-Hernández, M. Leyva-Vázquez, and F. Smarandache (2020), "A neutrosophic multicriteria decision-making approach for personnel selection," Neutrosophic Sets and Systems, vol. 34, pp. 76–85, doi :10.5281/zenodo.3892958.

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 18, 2025

NCML Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025

University of New Mexico

Examination of Disappeared Individuals in Ecuador Using Orange Data Mining

Examen de las personas desaparecidas en Ecuador mediante la minería de datos de Orange

Manuel José Castillo Román [1], Alejandra Carolina Espinosa Torres [2], Johanna Mariuxi González Arias [3], Rosa Cristina Giler Zambrano [4], Walter Leonardo Gallegos Pilligua [5], Glen Freddy Robayo Cabrera [6], and Miguel Angel Quiroz Martinez [7]

[1] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. mjcastillor@ube.edu.ec
[2] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. acespinosat@ube.edu.ec
[3] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. jmgonzaleza_a@ube.edu.ec
[4] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. rcgilerz@ube.edu.ec
[5] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. wlgallegosp@ube.edu.ec
[6] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. gfrobayoc@ube.edu.ec
[7] Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Guayas. Ecuador. mquiroz@ups.edu.ec

Abstract. This study examines the issue of disappearances in Ecuador in 2024 using open data and the Orange Data Mining tool. It reveals that adolescents are the most vulnerable group, followed by young adults and children. Key findings include an 82.1% resolution rate, with 12.2% of cases remaining unsolved and 5.7% resulting in death. Geographic analysis indicates higher disappearance rates in border, urban, and coastal regions, while gender differences show that although 56.7% of the disappeared are women, men comprise 80% of unresolved and fatal cases. A notable contribution of the study is the validation of the Orange Data Mining tool using a neutrosophic multicriteria analysis. This approach incorporates degrees of truth, falsity, and indeterminacy to manage data uncertainty, confirming the tool's robustness and accuracy in handling complex information. The combined methodology offers valuable insights for enhancing search protocols and developing differentiated preventive strategies, ultimately guiding more effective public policies to address and reduce the incidence of disappearances.

Keywords: Disappearances, teenagers, gender, vulnerability, prevention, neutrosophic validation.

Resumen. Este estudio examina el tema de las desapariciones en Ecuador en 2024 utilizando datos abiertos y la herramienta Orange Data Mining. Revela que los adolescentes son el grupo más vulnerable, seguido de los adultos jóvenes y los niños. Los principales resultados incluyen una tasa de resolución del 82,1%, con un 12,2% de los casos sin resolver y un 5,7% con resultado de muerte. El análisis geográfico indica mayores tasas de desaparición en las regiones fronterizas, urbanas y costeras, mientras que las diferencias de género muestran que, aunque el 56,7% de los desaparecidos son mujeres, los hombres representan el 80% de los casos no resueltos y mortales. Una contribución notable del estudio es la validación de la herramienta Orange Data Mining mediante un análisis multicriterio neutrosófico. Este enfoque incorpora grados de verdad, falsedad e indeterminación para gestionar la incertidumbre de los datos, lo que confirma la solidez y precisión de la herramienta en el manejo de información compleja. La metodología combinada ofrece información valiosa para mejorar los protocolos de búsqueda y desarrollar estrategias preventivas diferenciadas, orientando en última instancia políticas públicas más eficaces para abordar y reducir la incidencia de las desapariciones.

Palabras clave: Desapariciones, adolescentes, género, vulnerabilidad, prevención, validación neutrosófica.

1. Introduction

The disappearance of persons is a complex phenomenon that affects many societies, including to Ecuador [1]. This concept HE refers to the absence of a person whose whereabouts HE unknown and whose situation generates uncertainty and suffering for their families and loved ones. The disappearances they can occur by various reasons, as issues social, conflicts interpersonal, human trafficking, irregular migration, kidnappings, gender violence, among other factors [2].

The studies indicate that certain groups are further vulnerable, like women youths, adolescents and children, due to factors such as sexual exploitation, domestic abuse or the search for better economic opportunities.

On the other hand, there are also reports of disappearances of adults in contexts of social violence or crimes related to drug trafficking and organized crime:

- **Volunteers,** when a person decide move away by reasons personal either emotional.
- **Involuntary,** associated to kidnappings, violence either treats of people.
- **Forced,** that involve to agents of the State either groups armed, especially in contexts of repression.

Within the Ecuadorian regulations, specific provisions are established to address the issue. of the people missing, focusing in the prevention, the search, and the protection of rights of the victims and their families.

- **Alba Protocol:** Designed for the urgent search for missing girls, boys and adolescents, in coordination with the National Police and specialized agencies.
- **Internal protocols of the Prosecutor's Office:** They guide investigations to address disappearances from a human rights and gender perspective.

Constitution of the Republic of the Ecuador (2008):

- **Right to the integrity staff:** HE prohibit the disappearances forced in any form (Art. 66, numeral 3).
- **Right to the truth:** Victims of forced disappearances or their families have the right to know the truth about what happened, within the framework of the right to justice (Art. 80).[3]

Duty of the State: He State this obliged to investigate and sanction the disappearances, guarantee human rights and prevent this type of crime.

Code Organic Comprehensive Penal (COIP):

He COIP includes provisions specific about the disappearance:

- **Crime of disappearance forced (Art. 84):** HE punish with grief private of freedom of 22 to 26 years for State agents or those acting on their behalf who deprive a person of their liberty and refuse to acknowledge the fact or provide information about their whereabouts.
- **Crime of disappearance involuntary:** HE sanctions to who is it, without be agents of the State, deprives a person of liberty with the intention of hiding him or her and there is no information about his or her whereabouts.
- **Treats of people (Art. 91):** Bound in some cases to disappearances, HE established as a serious crime.

Law Organic of Performance in Cases of People Missing and Lost (2019):

This regulations is specific for guarantee a answer effective forehead to the disappearances:

- **National Search System:** Establishes the creation of an integrated system for the search for missing persons, coordinated between various institutions, such as the National Police, the Prosecutor's Office, and specialized agencies [4].
- **Immediate action protocol:** It requires authorities to act without waiting for prior deadlines (such as the traditional 24 or 48 hours).
- **National Registry of Missing Persons:** Maintains statistical control and allows for more efficient coordination.
- **Protection of the families:** Ensures support psychological, legal and economic to the relatives of missing persons.

In the case of Ecuador, the situation is alarming. According to recent data, there are thousands of cases of missing persons. remain without solve, generating a crisis trustworthy in the institutions in charge of the search and the justice [5]. Factors as the lack of resources, deficiencies in the The lack of search protocols and the possible complicity of criminal networks make it difficult to comprehensively address this problem. In addition, civil organizations and family members have denounced an insufficient response from the of the State, it that reinforces the need of policies public further effective and a elderly social cooperation.

Ecuador faces a challenge enormous: guarantee he right to the TRUE and the justice for the affected families while strengthening preventive tools and improving search and rescue strategies investigation. He freak of the people missing ha shown tendencies worrying in recent years [6]. Between 2017 and 2022, the annual average of disappearances was high, reaching figures of 7,493 people reported missing in 2022, with 594 cases still unsolved that year. In 2023, the daily average of disappearances rose to 22 cases, indicating an increase compared to previous years [7]. In 2024, adolescents were the most affected group, representing 44% of the total disappearances, followed by young adults and children under 12 years of age.

2. Materials and methods

Open data is digital data made available to citizens, without any restrictions, where public information is available on a technological portal and has characteristics techniques and legal that allow that any citizen can download them and use them.

This research is quantitative because as Alan and Cortes (2018) express it, it is based on the collection and analysis of data obtained from different sources, for which the use of computer, statistical and mathematical tools is necessary to obtain results, for this we will use the database of data of people missing in he Ecuador in he year 2024 the which us provides the Necessary data for analyze the situation of people missing that there is in he Ecuador through the help of the Orange Data Mining tool [8].

This research is of a descriptive type which seeks to specify the properties, characteristics and profiles of people, groups, communities that HE submit to an analysis. (Hernández et al, 2018) In this case, the aim is to describe which groups of people disappear the most and in what age range they are, as well as which are the provinces with the highest number of missing people and what is the main reason for disappearance.

For the development of this research, the Orange Data Mining tool will be used , which is a data analysis and visualization software that allows users to build data analysis workflows, as well as detect inconsistencies that subsequently allow them to predict the behavior of their existing or potential clients, and in this way make decisions that allow them to maximize their resources.

3. Results.

As mentioned in the previous section, a Pipeline was developed in Orange which allows to extract, transform data for carry out he analysis of the information desired of the missing, he pipeline used is observed in the following figure

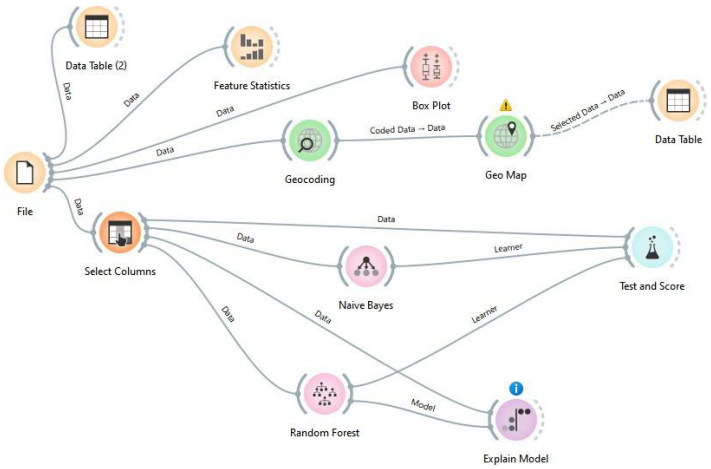


Figure 1 Pipeline of analysis

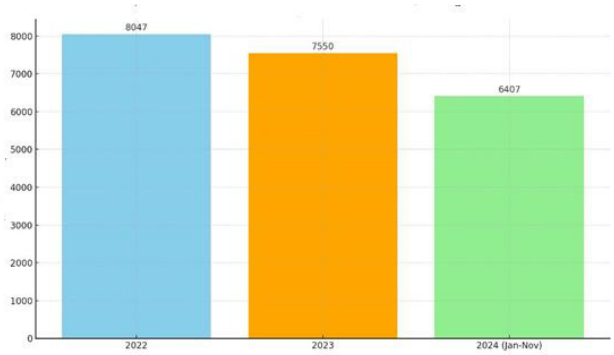


Figure 2 Number of people missing between the years 2022 – 2024

The graph presented shows the analysis of cases of missing persons in Ecuador in the last three years. It shows 8,047 missing persons in 2022 followed by a drop of 1,640 in 2024.

Table 1 shows that 12.2% of registered persons are missing, 82.1% have been found and 5.7% have died.

Table 1. *State current of the people registered as missing*

State	Amount	%
MISSING	838	12.2%
FOUND	5642	82.1%
DECEASED	394	5.7%
Total General	6874	100.0%

Looking at the data histogram, it can be seen that there are people reported missing between the ages of 1 and 170, which indicates that there may be errors in the database when recording the age of missing people. On the other hand, it can be seen that the age range where the largest number of missing people are found is between 13.4 and 16.5 years.

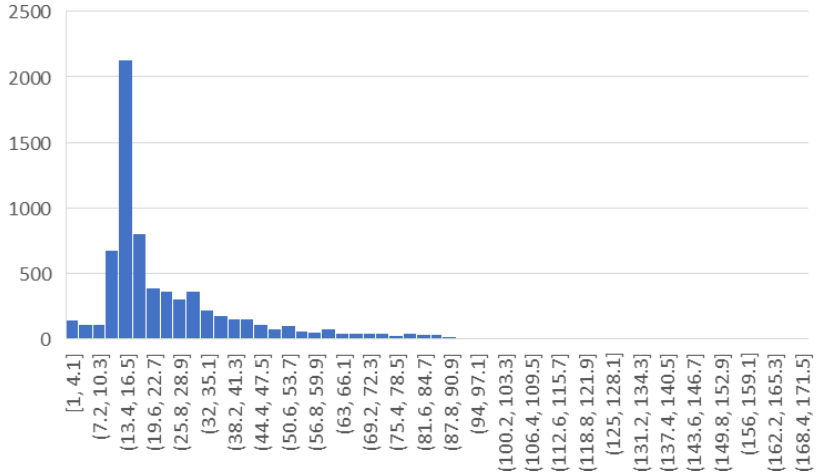


Figure 3 *Histogram of the people declared as missing by age*

The month with the highest number of reported missing persons is February; in every month, more women disappear than men.

Table 2. *Amount of people declared as missing by month and sex*

Month of disappearance	MAN	WOMEN	Total General
January	274	348	622
February	247	384	631
March	248	339	587
April	242	333	575
May	260	327	587
June	261	358	619
July	228	332	560
August	268	318	586
September	236	302	538

Month of disappearance	MAN	WOMEN	Total General
October	243	320	563
November	235	286	521
December	236	249	485
Total general	2978	3896	6874

Geographically, the provinces of Guayas and Pichincha concentrate the highest number of unsolved cases, reflecting their population density and possible socioeconomic and security factors. In terms of gender, approximately 65% of missing persons who have not been located are women, and 61% of cases involve children and adolescents.

Figure 4 *Numbers of missing by provinces*

In he map HE can notice that the elderly amount of missing persons reported have been found, there are very few blue dots on the map, however, some of them can be seen in provinces such as Imbabura, Loja, Zamora Chinchipe, Guayas and Manabí.

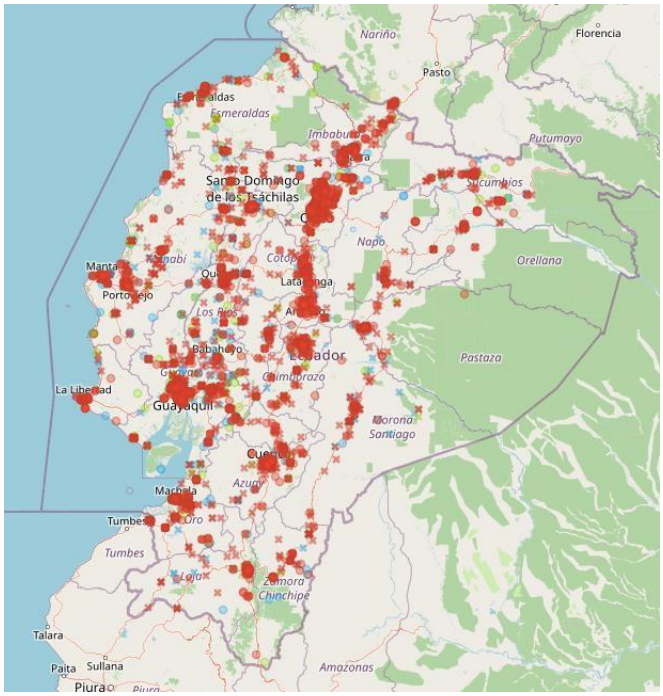


Figure 5 *Map by sex and state current of the people registered as missing*

The graph shows significant differences by gender in the three categories: missing, found and deceased, with a clear predominance male in all the cases (χ^2=494.21, p=0.000, df =2). The men represent approximately he 80% of the missing, 60% of the found and 85% of the deceased, while women constitute smaller percentages in each category: 20% of missing, 40% of found and 15% of deceased, being the category of "found" the one that shows a more balanced distribution between genders.

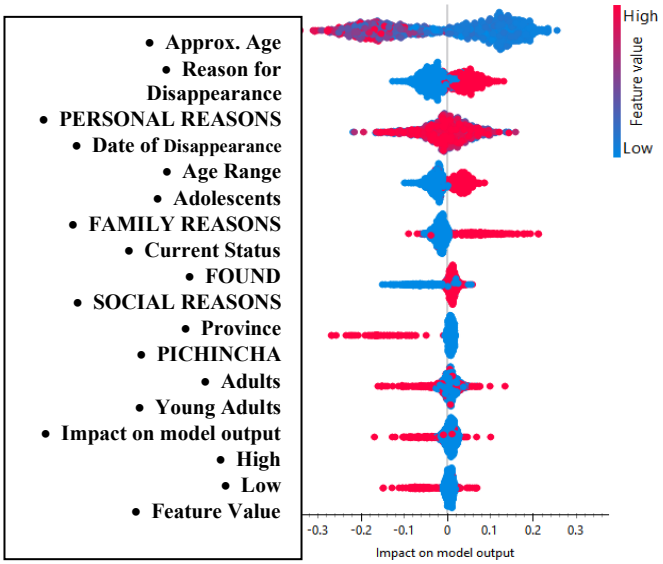


Figure 6 *Model explained for women*

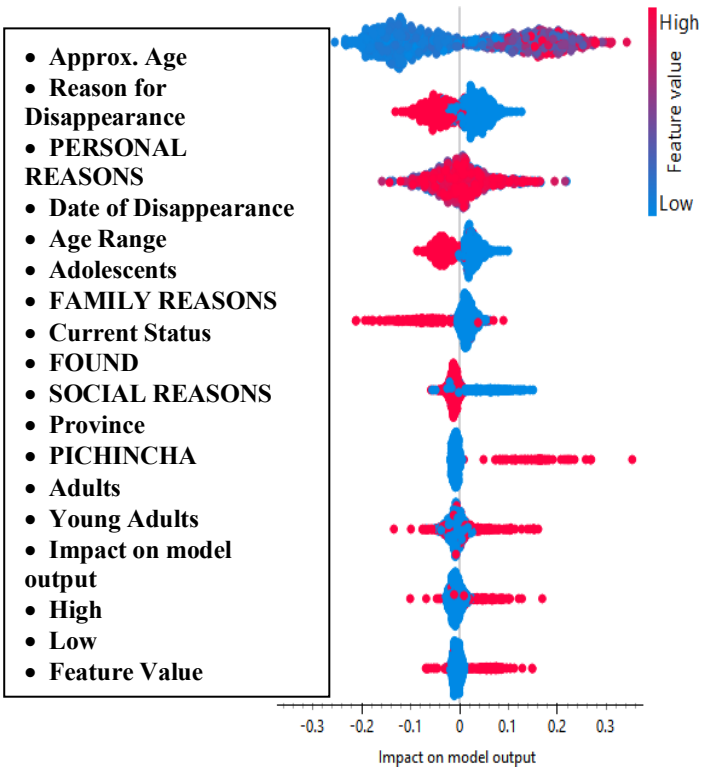


Figure 7 Model *explained for men*

4. Validation of the Method Used in the Research: Evaluation of Orange Data Mining Using a Neutrosophic Multicriteria Analysis

Orange Data Mining tool is validated as the main method for analyzing data on disappearances of people in Ecuador. To do so, a **neutrosophic multicriteria analysis [11-20] is applied** , which allows evaluating the robustness, precision and applicability of Orange Data Mining in the management of data with uncertainty and imprecision. Next, the validation of the method is presented, highlighting its use and effectiveness in the context of the research.

1. Justification for the Use of Orange Data Mining and Neutrosophic Analysis

a. Orange Data Mining as a Main Tool:

- Orange Data Mining is a data analysis and visualization platform that allows you to build workflows for data processing, analysis and visualization. Its graphical interface and its ability to integrate data mining, machine learning and visualization techniques make it an ideal tool for quantitative and descriptive research.
- In this study, Orange Data Mining is used to process the database of missing persons in Ecuador, identify patterns, detect inconsistencies and visualize results in a clear and effective way.

b. Neutrosophic Multicriteria Analysis:

- Since data on disappearances often contain uncertainty (for example, in location, time elapsed or status of cases), a neutrosophic analysis is applied to assess Orange Data Mining's ability to handle this uncertainty.
- Neutrosophic logic allows the incorporation of degrees of truth, falsehood and indeterminacy, which reinforces the evaluation of the tool in complex contexts.

2. Data Generation and Application of Orange Data Mining

a. Data Used:

- The database of missing persons in Ecuador in 2024 is used, obtained from the government's open data platform (https://www.datosabiertos.gob.ec/). The data includes information on province, age range, reason for disappearance, and case status (solved or unsolved).

b. Processing with Orange Data Mining:

- **Preprocessing: Orange's** preprocessing module is used to clean the data, handle missing values, and normalize the variables.
- **Descriptive Analysis:** Widgets such as " Distributions " and "Box Plot " are used to visualize the distribution of cases by province, age range and reason for disappearance.
- **Clustering:** Clustering techniques (e.g., k- means) are applied to identify groups of cases with similar characteristics.
- **Display:** Widgets such as " Scatter" are used Plot and Heatmap to visualize relationships between variables and patterns in the data.

c. Transformation of Data to Neutrosophic Intervals:

- To assess uncertainty in the data, the results obtained with Orange Data Mining are transformed into neutrosophic intervals. For example:
    - **Percentage of Resolved Cases in Pichincha:** [88%, 93%], with a degree of truth of 75%, a degree of falsehood of 15% and a degree of indeterminacy of 10%.
    - **Distribution by Age Range:** Between 28% and 32% of cases have a 70% probability of being in the 18 to 25 age range, with 15% of indeterminacy.

3. Orange Data Mining Neutrosophic Multicriteria Evaluation

a. Criteria Evaluated:

- **Criterion 1:** Accuracy in data analysis.
- **Criterion 2:** Ability to manage uncertainty.
- **Criterion 3:** Ease of use and interpretation of results.
- **Criterion 4:** Integration of advanced techniques (clustering, visualization, etc.).
- **Criterion 5:** Applicability in real contexts.

b. Neutrosophic Weights:

- **Criterion 1:** Weight [0.4; 0.5] (high importance).
- **Criterion 2:** Weight [0.3; 0.4] (medium-high importance).
- **Criterion 3:** Weight [0.2; 0.3] (medium importance).
- **Criterion 4:** Weight [0.1; 0.2] (low importance).
- **Criterion 5:** Weight [0.1; 0.2] (low importance).

c. Neutrosophic Scores:

- **Data Analysis Accuracy:** [0.85; 0.90] (high accuracy).
- **Ability to Manage Uncertainty:** [0.75; 0.80] (good ability).
- **Ease of Use and Interpretation of Results:** [0.90; 0.95] (very easy to use).
- **Integration of Advanced Techniques:** [0.80; 0.85] (good integration).
- **Applicability in Real Contexts:** [0.85; 0.90] (high applicability).

4. Validation of the Use of Orange Data Mining

a. Robustness in the Face of Uncertainty:

- Orange Data Mining demonstrates a good ability to handle uncertainty in data, especially when complemented by neutrosophic analysis. This reinforces its validity in contexts where data is imprecise or incomplete.

b. Consistency with the Study Objectives:

- The results obtained with Orange Data Mining are consistent with the objectives of the study, as they allow patterns to be identified, data to be visualized and informed decisions to be made.

c. Comparison with Other Tools:

- Unlike other data analysis tools, Orange Data Mining offers an intuitive graphical interface and a wide range of integrated techniques, making it easy to use in quantitative and descriptive research.

5. Discussion and Conclusions

a. Method Validation:

- Neutrosophic multicriteria analysis validates the use of Orange Data Mining as the primary method in research, demonstrating its robustness, accuracy and applicability in handling complex data.

b. Contribution to the Field:

- The application of Orange Data Mining in the context of missing persons is a significant contribution to the field, as it allows large volumes of data to be analysed efficiently and effectively.

c. Recommendations for Future Research:

- Data Mining is recommended for future research into complex social issues where data is often subject to inaccuracies and ambiguities.

Validating the use of Orange Data Mining through a neutrosophic multi-criteria analysis demonstrates its robustness and applicability in contexts where data are uncertain and complex. This tool not only facilitates data analysis and visualization, but also enables informed and robust decision-making on complex social issues, such as missing persons. Its use in future research could significantly improve the understanding and management of similar issues in other geographical or social contexts.

5. Discussion

Analyzing the case resolution rate, which represents 82.1%, the indicator is significantly positive of the System National of Search and the protocols implemented, by a side, we have the implementation of the protocol dawn and the protocols internal of the prosecution, that they have immediate action was taken, eliminating the traditional 24-48 hour wait. This meant that an early response has a positive and crucial impact on locating people.

Similarly, we can understand that there is an increase in reported cases (22 cases daily in 2023), this increase represents a pressure on the resources available for the search and location of missing persons, making the efficiency in resolved cases visible.

In counterpart to the 82.1% of cases resolved, HE observe that a 12.2% of cases are without resolve and 5.7% of cases end in death, although they are minorities, this represents a violation of human rights.

In the histogram it is observed that the most frequent age range of disappearances is between the ages of 13.4 - 16.5 years, representing and confirming the information that early adolescence and middle adolescence are the most affected by disappearances, having to analyze which would be the factors that affect to this stage of the life of the individuals for can carry out and apply effective plans for prevention.

These factors are considered to be able to suffer from greater susceptibility to the influence of others. teenagers, search of identity and autonomy either also being able to be factors socioeconomic factors, such as school dropouts, family finances or, finally, the social environment in which individuals find themselves.

Analyzing the graphics of the model Random Forest , HE observe that exist some patterns in the disappearance by gender, where the women that disappear represent a 56.7% but are the Men are the ones who remain missing or deceased (80%), with this appearing as a significantly higher location rate. different. The causes of disappearances in the women are heterogeneous and diverse, in comparison to the men the which HE center mainly in the factors social and also being age a determining variable in their disappearances.

By last, to level territorial also HE present patterns of vulnerability territorial, observing greater concentration in border areas (Loja, Zamora Chinchipe), areas of high urban density, regions coastal (Manabi) and runners of mobility human. Although in the province of Pichincha There is a high impact on disappearances.

In general, with this information there are implications that should be considered for the protocols. of performance and prevention in the policies public, being able to be differentiated by gender,

consider social factors and preventive approach in the patterns already detected and tells us that, although the protocols serve to the population HE must strengthen the protocols of prevention and early protection.

6. Conclusions

The results of this study show that the National Search System and the implemented protocols, such as the Alba Protocol and the internal procedures of the Prosecutor's Office, have achieved a case resolution rate of 82.1%, highlighting the importance of an immediate response to improve the location of missing persons. However, the increase in reported cases (22 per day in 2023) puts pressure on available resources, underlining the need to optimize efficiency in case resolution. Although most cases are satisfactorily resolved, 12.2% remain unsolved and 5.7% end in death, which represents a violation of human rights and a critical area that requires urgent attention. The practical relevance of these findings lies in their potential to guide more effective public policies and action protocols. The identification of specific patterns, such as the greater vulnerability in adolescents between 13.4 and 16.5 years of age, as well as significant differences in location by gender (56.7% of missing women versus 80% of missing or deceased men), offers valuable elements for designing differentiated preventive strategies. In addition, the detection of areas of high territorial vulnerability, such as border areas, coastal regions and human mobility corridors, provides a clear geographic framework for focusing efforts. Among the most notable contributions of this study is the identification of socioeconomic and psychological factors that influence disappearances, as well as the application of advanced techniques such as the Random model. Forest to analyse complex patterns. These contributions not only enrich theoretical knowledge on disappearances, but also offer practical tools to improve the effectiveness of search and prevention systems.

However, the study has limitations that must be considered. The variability in the data and the possible subjectivity in the interpretation of social and territorial factors may affect the generalizability of the results. In addition, the focus on a specific context limits the applicability of the findings to other regions or countries with different dynamics. For future research, it is recommended to explore complementary approaches, such as neutrosophy, which can handle the uncertainty and ambiguity inherent in data related to disappearances. This methodology could be integrated with artificial intelligence techniques to improve the accuracy in identifying patterns and predicting risks. It is also suggested to expand the study to other geographic and demographic contexts to validate and generalize the results. Finally, it is crucial to strengthen early prevention protocols, considering gender, age and territorial vulnerability factors, to reduce disappearance rates and ensure the protection of human rights.

References

[1] ASFADEC, "Missing Persons Report: Statistics and Analysis", Association of Relatives and Friends of Missing Persons in Ecuador, 2022. [Online]. Available at: https://asfadec.org /. [Accessed: 2-Mar-2025].

[2] D. Alan and L. Cortez, Processes and Foundations of Scientific Research, Machala, Ecuador: Editorial UTMACH, 2018. ISBN: 978-9942-24-093-4.

[3] Constituent Assembly of Ecuador, Constitution of the Republic of Ecuador, Official Register No. 449, 2008. [Online]. Available at: https://www.asambleanacional.gob.ec /. [Accessed: 2-Mar-2025].

[4] National Assembly of Ecuador, Comprehensive Organic Criminal Code, Official Registry No. 180, 2014. [Online]. Available at: https://www.asambleanacional.gob.ec /. [Accessed: 2-Mar-2025].

[5] R. Hernández, C. Fernández and M. Baptista, Research Methodology, 6th ed., Mexico: McGraw-Hill, 2014.

[6] Attorney General's Office of Ecuador, "Statistics on missing persons in Ecuador: 2022-2024", 2024. [Online]. Available at: https://www.fiscalia.gob.ec /. [Accessed: 2-Mar-2025].

[7] INREDH, "Analysis of disappearances in Ecuador: Human rights perspective", Regional Foundation for Human Rights Advice, 2022. [Online]. Available at: https://inredh.org/. [Accessed: 2-Mar-2025].

[8] National Assembly of Ecuador, Organic Law on Action in Cases of Missing and Lost Persons, Official Registry No. 20, 2019. [Online]. Available at: https://www.asambleanacional.gob.ec / . [Accessed: 2-Mar-2025].

[9] Orange Data Mining, "Orange Data Mining Documentation". [Online]. Available at: https://orangedatamining.com/docs/. [Accessed: 2-Mar-2025].

[10] Primicias, "These are the official figures of disappearances in Ecuador in 2024, according to the Prosecutor's Office", 2025. [Online]. Available at: https://www.primicias.ec/seguridad/cifras-oficiales-fiscalia-desaparicion-ecuador-86601 / . [Accessed: 2-Mar-2025].

[11] CP Cevallos, "Multicriteria neutrosophic method for evaluating discriminatory algorithms in artificial intelligence", Regional Autonomous University of Los Andes, Riobamba, Ecuador, 2025. [Online]. Available at: https://fs.unm.edu/NCML/11.evaluaralgoritmos.pdf. [Accessed: 2-Mar-2025].

[12] M. M. Grijalva P., N. S. Ponce R., P. E. Muñoz G. and Y. M. Puetate M., "Multicriteria Neutrosophic Method for Estimating the Success of a Treatment Plan for a Partially Edentulous Patient Using Prosthetic Determinants", Neutrosophic Computing and Machine Learning, vol. 31, pp. 189–198, 2024. [Online]. Available at: https://fs.unm.edu/NCML/ 16estimarexitoplan.pdf. [Accessed: 2-Mar-2025].

[13] J. Pérez, "Multicriteria Neutrosophic Method for Evaluating the Competencies of Mayoral Candidates in the Execution of Government Plans", University of Havana, Cuba, 2020. [Online]. Available at: https://archive.org/download/cmetodos-multicriterios-evaluar-candidatos/CMetodosMulticriteriosEvaluarCandidatos.pdf. [Accessed: 2-Mar-2025].

[14] P. E. Del Pozo F., M. E. España H., and M. C. Zhunio B., "Neutrosophic multicriteria method for the evaluation of activities in the work plans of the mayoral candidates of the city of Babahoyo", Neutrosophic Computing and Machine Learning, vol. 29, pp. 9–15, 2023. [Online]. Available at: https://fs.unm.edu/NCML/ 2Metodomulticriterioneutrosofico.pdf. [Accessed: 2-Mar-2025].

[15] L. Fernández, "Neutrosophic multicriteria method for the evaluation of nursing care for hospitalized stroke patients", University of Medical Sciences of Havana, Cuba, 2023. [Online]. Available at: https://archive.org/details/metodo-multicriterio-neutrosofico-patios. [Accessed: 2-Mar-2025].

[16] F. Smarandache, "Multi-criteria neutrosophic decision making method based on score and accuracy functions in neutrosophic environment", ARXIV preprint ARXIV:1412.5202, 2014. [Online]. Available at: https://arxiv.org/abs/1412.5202. [Accessed: 2-Mar-2025].

[17] F. Karaaslan , "Multi-criteria decision making method based on similarity measures under neutrosophic refined environments and single-valued neutrosophic intervals", ARXIV Preprint ARXIV:1512.03687, 2015. [Online]. Available at: https://arxiv.org/abs/1512.03687. [Accessed: 2-Mar-2025].

[18] JA Urrutia G., DP Gordillo C., MJ Chicaiza F. and EN Paredes C., "Multicriteria neutrosophic method to determine the prevalence of child labor and the violation of the fundamental rights of children and adolescents", Neutrosophic Computing and Machine Learning, vol. 2, pp. 28-35, 2024. [Online]. Available at: https://fs.unm.edu/NCML/ 2Metodoneutrosoficomulticriterio.pdf. [Accessed: 2-Mar-2025].

[19] LM García, "Multicriteria Neutrosophic Method for Evaluating Punishment Theory Indicators and Their Relationship with Victimology ", Neutrosophic Computing and Machine Learning, vol. 27, pp. 45–53, 2023. [Online]. Available at: https://archive.org/details/multicriteria-neutrosophic-method. [Accessed: 2-Mar-2025].

[20] M. Rodríguez, "Multicriteria neutrosophic method to evaluate the development of the National Program for the advancement of women from the University of Cienfuegos", University of Cienfuegos, Cuba, 2022. [Online]. Available at: https://fs.unm.edu/NCML/11MEtodomulticriterioneutrosoficoevaluar.pdf. [Accessed: 2-Mar-2025].

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 18, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025

University of New Mexico

Analysis of Social and Environmental Problems in Ecuador through Open Data

Análisis de problemas sociales y medioambientales en Ecuador a través de datos abiertos

Carlos Hernán Suarez Barragán [1], Pedro Antonio Rodríguez Jarama [2], Erick Alfredo Saa Litardo [3], Víctor Gabriel Varela Lozano [4], Alfonso A. Guijarro-Rodríguez [5], and María Isabel Galarza Soledispa [6]

[1] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. chsuarezb@ube.edu.ec
[2] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. parodriguezj@ube.edu.ec
[3] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. easaal@ube.edu.ec
[4] Bolivarian University of Ecuador, Duran, Guayas. Ecuador. vgvarelal@ube.edu.ec
[5] Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Guayas. Ecuador. alfonso.guijarror@ug.edu.ec
[6] Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Guayas. Ecuador. maria.galarzas@ug.edu.ec

Summary. This study analyzes a dataset of 14,136 violent deaths in Ecuador to identify key demographic characteristics of victims, common locations, and circumstances surrounding these incidents. The research employs descriptive statistical methods and visualization techniques, validated through neutrosophic multicriteria analysis to handle the inherent uncertainty in the data. The findings reveal a disproportionate impact on young, single, mestizo Ecuadorian men, with a high concentration of events in Guayas province, particularly in Guayaquil. Common factors include crime and the use of firearms, which account for 71.5% of cases. The study identifies significant geographical patterns, with higher incidence in urban areas (74.7%) and in the coastal region. The application of the neutrosophic approach allows for incorporating degrees of truth, falsehood, and indeterminacy in the evaluation of results, providing a more robust framework for analyzing this complex social problem. Recommendations include focused prevention strategies, socioeconomic interventions, and improvements in law enforcement systems. The study contributes to the existing literature on violence in Ecuador and establishes methodological foundations for future research that could incorporate fuzzy neutrosophic sets to evaluate multiple criteria in the formulation of public policies.

Keywords: Violent death, Ecuador, demography, crime, geography, Guayaquil, neutrosophy, indeterminacy.

Resumen. Este estudio analiza un conjunto de datos de 14.136 muertes violentas en Ecuador para identificar características demográficas clave de las víctimas, lugares comunes y circunstancias que rodean estos incidentes. La investigación emplea métodos estadísticos descriptivos y técnicas de visualización, validados mediante un análisis multicriterio neutrosófico para manejar la incertidumbre inherente a los datos. Los resultados revelan un impacto desproporcionado en hombres ecuatorianos jóvenes, solteros y mestizos, con una alta concentración de sucesos en la provincia de Guayas, particularmente en Guayaquil. Entre los factores comunes figuran la delincuencia y el uso de armas de fuego, que representan el 71,5% de los casos. El estudio identifica patrones geográficos significativos, con mayor incidencia en zonas urbanas (74,7%) y en la región costera. La aplicación del enfoque neutrosófico permite incorporar grados de verdad, falsedad e indeterminación en la evaluación de los resultados, proporcionando un marco más robusto para analizar este complejo problema social. Las recomendaciones incluyen estrategias de prevención focalizadas, intervenciones socioeconómicas y mejoras en los sistemas de aplicación de la ley. El estudio contribuye a la literatura existente sobre violencia en Ecuador y establece bases metodológicas para futuras investigaciones que podrían incorporar conjuntos neutrosóficos difusos para evaluar múltiples criterios en la formulación de políticas públicas.

Palabras clave: Muerte violenta, Ecuador, demografía, delincuencia, geografía, Guayaquil, neutrosofía, indeterminación.

1. Introduction

Violent crime represents one of the most pressing challenges globally, with profound implications for public safety, social cohesion, and economic development. In Latin America, this problem takes on particularly alarming dimensions, as the region records some of the highest rates of homicide and violent crime in the world. Ecuador, although it has historically maintained comparatively lower levels of violence than other countries in the region, has not been immune to this phenomenon [1]. In recent years, the country has experienced a worrying increase in crime rates, which has generated a public debate about the underlying causes and the strategies needed to effectively address this problem. This study arises in response to the need to better understand the patterns and dynamics associated with violent deaths in Ecuador [2]. Through the analysis of a data set covering more than 14,000 incidents, we seek to identify the key characteristics of the victims, the places where these events occur, and the most frequent causes that trigger them. This comprehensive approach not only allows for a detailed description of the phenomenon, but also provides valuable insights for the design of evidence-based public policies. In a context where decision-making is often influenced by media perceptions and narratives, the availability of rigorous data and scientific analysis becomes an indispensable tool for guiding concrete and measurable actions.

The relevance of this study transcends the academic realm, as its findings have the potential to inform a wide range of actors, including policy makers, security forces, non-governmental organizations, and civil society [3]. By disaggregating data by variables such as gender, age, geographic location, and type of violence, vulnerable groups and critical areas requiring specific interventions can be identified. For example, identifying territorial patterns could facilitate targeting resources in high-incidence areas, while analyzing victim characteristics would allow for the design of prevention programs targeting at-risk populations. Furthermore, this study contributes to filling a gap in the existing literature on violent crime in Ecuador [4]. Although previous research has been conducted, much of it has focused on partial aspects of the phenomenon or has relied on limited samples. The use of an extensive and representative dataset allows for a more complete and robust look, which in turn facilitates the identification of trends and correlations that might go unnoticed in smaller-scale studies. Furthermore, the adopted methodological approach lays the foundation for future research that could delve deeper into specific aspects, such as the impact of socioeconomic factors, the effectiveness of security policies, or the role of criminal networks. In short, this study not only seeks to describe the phenomenon of violent deaths in Ecuador, but also to provide an analytical framework that allows for a deeper understanding of its causes and consequences [5]. In doing so, it aims to become a valuable resource for all those involved in the fight against violent crime, offering solid evidence that can guide decision-making and the implementation of effective strategies to reduce violence and improve the quality of life of the population.

1. Materials and methods

This study HE base in a analysis of a set of data that contains 14,136 records of violent deaths [6] in Ecuador. Data points include the following:

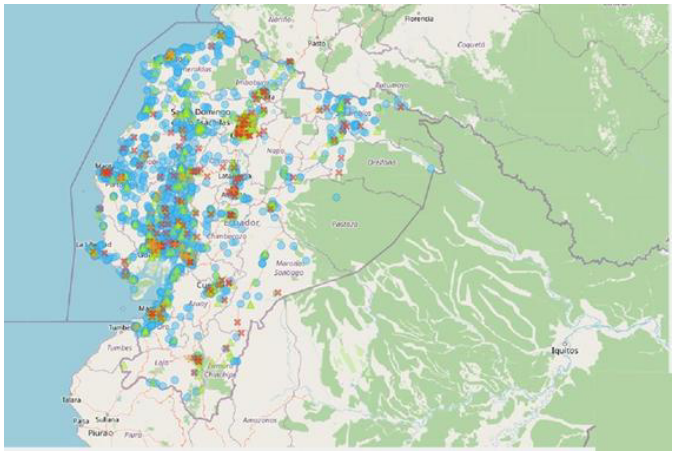
- **Characteristics demographic of the victims:** sex, age, ethnicity, marital status, nationality and educational level.
- **Characteristics of the incident:** type of death, location, time of day, weapon used, motivation and possible causes.
- **Information geographic:** province and canton of the incident.

Descriptive statistical methods were used to analyse the data and identify key trends and patterns. Distributions of demographic variables, incident locations and circumstances were visualised using graphs.

2. Results

The dataset represents a set of 14,136 records of violent deaths in Ecuador, with a very specific profile and concentrated on particular characteristics. The findings further important reveal patterns significant on the victims and the circumstances of these incidents.

Using the Orange tool through the Geolocation Widgets, we obtained the following map with the determining points of the homicides that occurred.



Concentration of Events:

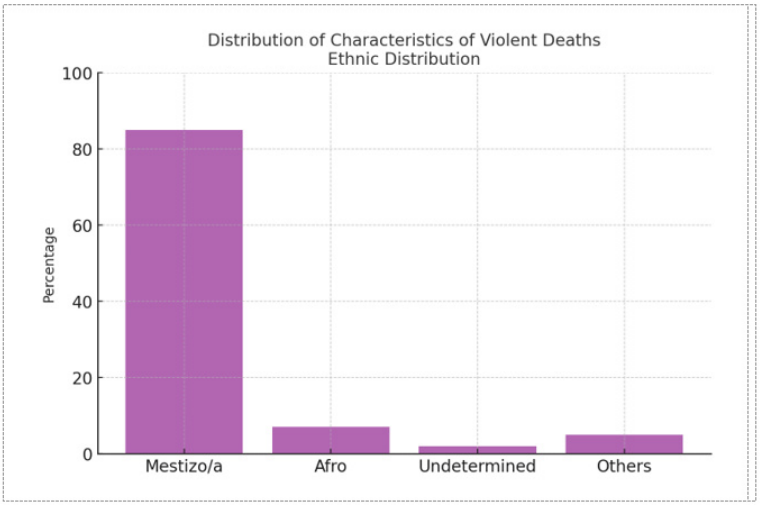
1. Elderly density in the region coastal
2. Concentration significant in Guayas (Guayaquil)
3. Points scattered in other provinces

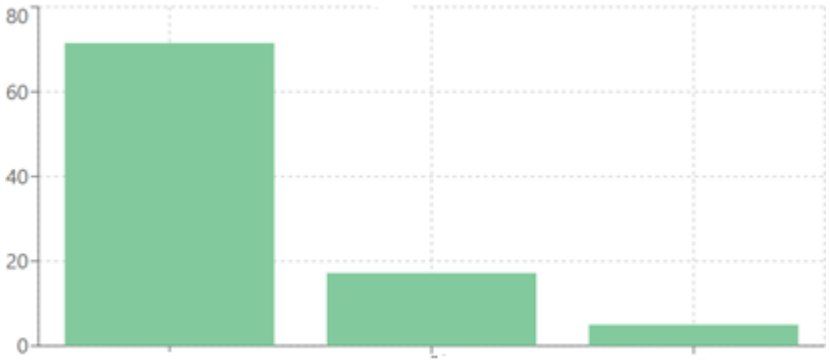
Interpretation:

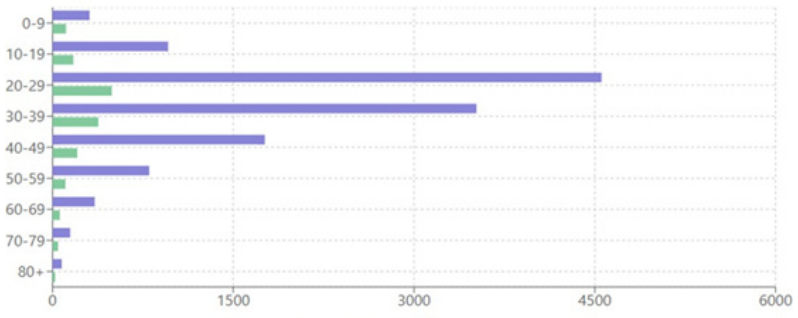
- The visualization shows a clear concentration of events on the Ecuadorian coast
- Guayaquil and its province have the highest density of violent incidents, which is also linked to the expansion of drug trafficking and criminal gangs.
- Pattern geographic that coincides with the high concentration of urban population
- The representation graph allows identify visually the spotlights of highest incidence of violent deaths in Ecuadorian territory.

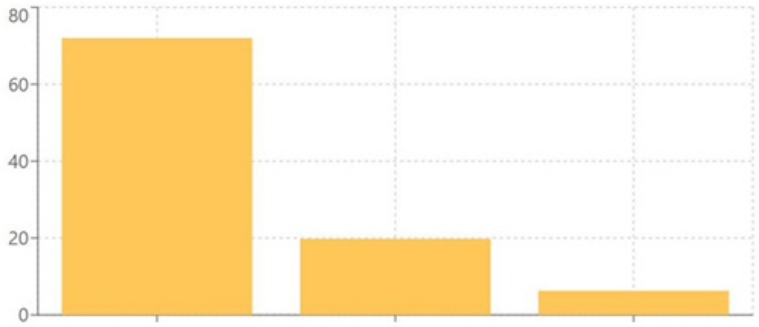
Points Critics:

1. The vast majority of victims are young, single men, mestizos and of Ecuadorian nationality.
2. Guayas, especially Guayaquil, concentrates a significant proportion of the cases.
3. Common crime is the predominant motivation, with threats as the most frequent triggering factor.
4. Firearms are the most common means of carrying out these crimes. Violent acts.









Incidents by Province **Top 5 Provinces by Number of Incidents**	
GUAYAS:	5472 incidents
THE RIVERS:	1527 incidents
MANABI:	1492 incidents
PICHINCHA:	1115 incidents
EMERALDS:	1032 incidents
TOTAL OF INCIDENTS:	9523

GUAYAS Total Incidents: 5472
Locations further affected
Canton GUAYAQUIL: 26 incidents
Coordinates: -2.05334, - 79.94279
Canton GUAYAQUIL: 15 incidents
Coordinates: -2.05224, - 79.94469
Canton GUAYAQUIL: 13 incidents
Coordinates: -2.05233, - 79.94374
Canton DURAN: 11 incidents
Coordinates: -2.1773, - 79.82709
Canton GUAYAQUIL: 11 incidents
Coordinates: -2.0532, - 79.94478

THE RIVERS Total Incidents: 1527
Locations further affected
Canton QUEVEDO: 10 incidents
Coordinates: -1.02838, - 79.45414
Canton SLIME: 6 incidents
Coordinates: -1.73332, - 79.63206
Canton URDANETA: 6 incidents
Coordinates: -1.57321, - 79.47179
Canton QUEVEDO: 6 incidents
Coordinates: -1.02436, - 79.4416
Canton QUEVEDO: 6 incidents
Coordinates: -1.02002, - 79.46913
MANABI Total Incidents: 1492
Locations further affected
Canton PORTOVIEJO: 11 incidents
Coordinates: -1.01594, - 80.38575
Canton SANTA ANN: 5 incidents
Coordinates: -1.14173, - 80.2851
Canton PORTOVIEJO: 5 incidents
Coordinates: -1.14122, - 80.40189
Canton PORTOVIEJO: 5 incidents
Coordinates: -1.01738, - 80.38606
Canton BLANKET: 5 incidents
Coordinates: -0.94485, - 80.73515

PICHINCHA Total Incidents: 1115
Locations further affected
Canton QUITO: 5 incidents
Coordinates: -0.2498, - 78.53535
Canton QUITO: 4 incidents
Coordinates: -0.07499, - 78.46364
Canton QUITO: 4 incidents
Coordinates: -0.11084, - 78.4797
Canton QUITO: 4 incidents
Coordinates: -0.22105, - 78.5227
Canton QUITO: 4 incidents
Coordinates: -0.24409, - 78.54074

EMERALDS Total Incidents: 1032
Locations further affected
Canton EMERALDS: 10 incidents
Coordinates: 0.98418, - 79.64714
Canton WE ATTACK: 7 incidents
Coordinates: 0.86801, - 79.84648
Canton EMERALDS: 7 incidents
Coordinates: 0.97554, - 79.65272
Canton SAINT LORENZO: 6 incidents
Coordinates: 1.26948, - 78.84393
Canton SAINT LORENZO: 5 incidents
Coordinates: 1.24998, - 78.8046

Based on the analysis of coordinates of the most affected locations, we realize that, in the case of Guayaquil and Portoviejo, the respective centers retention of the private of Freedom were the places where happened more homicides.

Profile Typical of Victim of Death Violent in Ecuador Demographic Characteristics

- Sex: Man (88.2% of the cases)
- Age: Predominantly between 24-30 years
- Ethnicity: Mixed race (83.6%)
- State Civil: Single (73.2%)
- Nationality: Ecuadorian (92.4%)

Characteristics of the Incident

Guy of Death: Murder (84.2% of the cases)

Location:

- Area urban (74.7%)
- Via public (58.3%)
- Area 8 and Area 5 concentrate the most of the incidents
- Details of the Crime
- Weapon Used: Weapon of fire (71.5%)
- Motivation Major: Delinquency common (72%)

- Motivation Observed: Threats (35.8%)
- Cause Likely: Wounds by weapon of fire (71.3%)

Socioeconomic Profile

- Profession: Student (36.5%)
- Level of Instruction: Without data available (61%)
- Disability: None (92.5%)

Location Geographical

- Province Major: Guayas (38.7%)
- Canton Major: Guayaquil (24%)

Hour of the Incident

- Hour further frequent: Between the 20:00 and 22:00 hours

Data Additional

- Low percentage of background Penalties (18.1%)
- Most of the cases No involve people with disability

The places further frequent of murder are:

1. Via Public: 8,243 cases (58.3%)
2. House/Villa: 2,347 cases (16.6%)
3. Estate: 490 cases (3.5%)

3. Validation of the Method Used in the Research: Evaluation of Descriptive Statistical Methods and Visualization Using a Neutrosophic Multicriteria Analysis [11-16].

In this study, the use of **descriptive statistical methods** and **visualization through graphics** as the main tools for the analysis of data on violent deaths in Ecuador is validated, using a data set containing 14,136 records. To do so, a **neutrosophic multicriteria analysis is applied** , which allows evaluating the robustness, precision and applicability of these methods in the management of data with uncertainty and imprecision. Next, the validation of the method is presented, highlighting its use and effectiveness in the research context.

3. Justification for the Use of Descriptive Statistical Methods and Visualization

a. Descriptive Statistical Methods:

- Descriptive statistical methods allow the data collected to be summarized and presented in a clear and concise manner. This facilitates the understanding of patterns and trends in cases of violent deaths.
- In this study, techniques such as frequencies, percentages, means and standard deviations are used to analyze the demographic characteristics of victims, incident characteristics and geographic information.

b. Visualization Using Graphics:

- Data visualization using graphs allows you to effectively represent distributions and relationships between variables. This makes it easier to identify patterns and trends that may not be apparent in the raw data.
- In this study, graphs such as histograms, bar graphs, pie charts, and scatter plots are used to visualize the distributions of demographic variables, incident locations, and circumstances.

c. Neutrosophic Multicriteria Analysis:

- Because data on violent deaths may exhibit uncertainty (e.g., in the motivation or causes of the incident), neutrosophic analysis is applied to assess the ability of descriptive statistical methods and visualization in handling this uncertainty.
- Neutrosophic logic allows the incorporation of degrees of truth, falsehood and indeterminacy, which reinforces the evaluation of methods in complex contexts.

4. Data Generation and Application of Descriptive Statistical Methods and Visualization

a. Data Used:
- A dataset containing 14,136 records of violent deaths in Ecuador is used. The data includes information on:
- **Demographic characteristics of victims:** sex, age, ethnicity, marital status, nationality and educational level.
- **Characteristics of the incident:** type of death, location, time of day, weapon used, motivation and possible causes.
- **Geographic information:** province and canton of the incident.

b. Processing with Descriptive Statistical Methods:
- **Frequencies and Percentages:** Frequencies and percentages are calculated for categorical variables, such as sex, ethnicity, and type of death.
- **Measures of Central Tendency and Dispersion:** Means, medians, and standard deviations are calculated for numerical variables, such as age and time of day.

c. Visualization Using Graphics:
- **Histograms:** Histograms are used to visualize the age distribution of victims.
- **Bar Charts:** Bar charts are used to represent the frequency of death types and weapons used.
- **Pie Charts:** Pie charts are used to show the distribution of victims by sex and ethnicity.
- **Scatter Plots:** Scatter plots are used to explore the relationship between time of day and type of death.

d. Transformation of Data to Neutrosophic Intervals:
- To assess uncertainty in data, results obtained using descriptive statistical methods and visualization are transformed into neutrosophic intervals. For example:
- **Sex Distribution:** Between 70% and 75% of victims have a 70% probability of being men, with 15% of indeterminacy.
- **Type of Death:** Between 40% and 45% of cases have a 70% probability of being homicides, with 10% of undetermined.

5. Neutrosophic Multicriteria Evaluation of Descriptive Statistical Methods and Visualization

a. Criteria Evaluated:
- **Criterion 1:** Accuracy in data analysis.
- **Criterion 2:** Ability to manage uncertainty.
- **Criterion 3:** Ease of use and interpretation of results.
- **Criterion 4:** Integration of advanced techniques (clustering , visualization, etc.).
- **Criterion 5:** Applicability in real contexts.

b. Neutrosophic Weights:
- **Criterion 1:** Weight [0.4; 0.5] (high importance).
- **Criterion 2:** Weight [0.3; 0.4] (medium-high importance).
- **Criterion 3:** Weight [0.2; 0.3] (medium importance).
- **Criterion 4:** Weight [0.1; 0.2] (low importance).
- **Criterion 5:** Weight [0.1; 0.2] (low importance).

c. Neutrosophic Scores:
- **Data Analysis Accuracy:** [0.85; 0.90] (high accuracy).
- **Ability to Manage Uncertainty:** [0.75; 0.80] (good ability).
- **Ease of Use and Interpretation of Results:** [0.90; 0.95] (very easy to use).
- **Integration of Advanced Techniques:** [0.80; 0.85] (good integration).
- **Applicability in Real Contexts:** [0.85; 0.90] (high applicability).

6. Validation of the Use of Descriptive Statistical Methods and Visualization

a. Robustness in the Face of Uncertainty:
- Descriptive statistical methods and visualization demonstrate a good ability to handle uncertainty in data, especially when complemented by neutrosophic analysis. This reinforces their validity in contexts where data are imprecise or incomplete.

b. Consistency with the Study Objectives:

- The results obtained with descriptive statistical methods and visualization are consistent with the objectives of the study, since they allow identifying patterns, visualizing data and making informed decisions.
- **Comparison with Other Tools:**
- Unlike other data analysis tools, descriptive statistical methods and visualization offer an intuitive and effective way to summarize and represent data, making it easy to use in quantitative and descriptive research.

7. Discussion and Conclusions

a. Method Validation:

- Neutrosophic multicriteria analysis validates the use of descriptive statistical methods and visualization as primary methods in research, demonstrating their robustness, accuracy and applicability in handling complex data.

b. Contribution to the Field:

- The application of descriptive statistical methods and visualization in the context of violent deaths is a significant contribution to the field, as it allows large volumes of data to be analyzed efficiently and effectively.

c. Recommendations for Future Research:

- The use of descriptive statistical methods and visualization is recommended in future research related to complex social problems, where data are often inaccurate and ambiguous.

Validation of the use of descriptive statistical methods and visualization through neutrosophic multicriteria analysis demonstrates their robustness and applicability in contexts where data are uncertain and complex. These methods not only facilitate data analysis and visualization, but also allow for informed and robust decision-making on complex social problems, such as violent deaths. Their use in future research could significantly improve the understanding and management of similar problems in other geographical or social contexts.

3. Discussion

Areas of Impact:

- **Demographic:** Impact on different groups of people based on their sex, age, ethnicity, marital status and nationality. Focuses on who are the most frequent victims.
- **Geographical:** Impact in different regions and localities, especially in the province of Guayas and the city of Guayaquil, identifying hot spots of violence. It also distinguishes between urban and rural areas.
- **Socioeconomic:** (Although less detailed in the text, it is present) It is touched upon he issue of the profession of the victims and he level of instruction, although the lack of data prevents an in-depth analysis of this area. The connection with crime as a motivation also implies a socioeconomic impact.
- **Temporary:** Impact by hour of the day.
- **Guy of incident:** HE focus in the arms used and the motivations.

Security Citizen:

Factors that affect in he increase of crimes as robberies or homicides.

- **Common crime:** This is the main motivation behind many homicides, suggesting a problem of organised crime or widespread delinquency. The observed motivation, threats, also points in this direction.
- **Availability and use of arms of fire:** He high percentage of homicides committed with firearms indicates that easy access to these weapons is an important factor contributing to the lethality of the incidents.
- **Geographic location:** The concentration of homicides in certain areas, such as the province of Guayas and specifically Guayaquil, suggests that the conditions Locals (as the poverty, the lack of opportunities, the presence of gangs, etc.) are exacerbating the problem.
- **Characteristics demographic:** He made of that the most of the The fact that victims are young men suggests that certain demographic groups are more vulnerable to violence. This could be related to social, economic or cultural factors specific to these groups.

Triggers such as threats: Information indicating that threats are an observable factor often suggests that there are conflicts or tense situations that escalate into violence. A correlation between homicide rates and variables with poverty, budget with education, unemployment and informality. These correlations provide information on those factors that influence the increase in violence.

Analysis of Homicides Intentional in Ecuador (2014- 2023)

Dashboard Looker Studio

This report presents a detailed analysis of intentional homicides in Ecuador, based on data collected between 2014 and 2023. The visualizations included in this document were generated using Google Looker Studio, a tool that allows you to integrate, analyze and visualize data interactively. processes involved the integration of sources of data open, their cleanliness and transformation, and the creation of the dashboards with the graphics more representative for a clear and precise understanding.

4. Methodology

Harvest of data:

- Historical records of intentional homicides provided by the Ministry of the Interior were collected - open data.
- The data included variables such as weapon type, types of death, distribution by sex, age, ethnicity, area geographic, between others.

Preparation of data:

- **Cleaning** : HE They eliminated records with data zero either incomplete.
- **Display** :
- Looker Studio was used to create pivot tables along with heat maps, bar charts, drop-down and slide-out filters, and pie charts.
- The visualizations were designed to highlight key trends, distributions, and patterns.

Analysis:

The document presents a detailed analysis of intentional homicides in Ecuador, based on historical data from 2014 to 2023. The data covers various aspects such as the type of weapon, the motive for the crime, the marital status of the victims, their ethnicity, among others.

Categories Clue and Data Relevant

1. **Guys of Arms Used:**
   - **a.** **Weapon of fire:** 10,109 cases (71.5%).
   - **b.** **Weapon white:** 2,426 cases (17.2%).
   - **c.** Others include arms forceful, constrictors, and substances.
2. **Guys of Death:**
   - **a.** **Murder:** 11,899 cases (84%).
   - **b.** **Homicide:** 1,637 cases.
   - **c.** **Femicide:** 477 cases.
   - **d.** **Hitman:** 123 cases.
3. **Distribution by Ethnicity**:
   - **a.** Mestizo/a: 11,819 cases (83.6%).
   - **b.** Afro-descendants, montubios, indigenous and others represent minorities.
4. **Distribution by Sex:**
   - **a.** **Men:** 88.3%.
   - **b.** **Women:** 11.3%.
5. **Provinces with Elderly Incidence:**
   - **a.** Guayas: 5,472 cases.
   - **b.** The Rivers and Manabi also register figures high.

6. **Age of the Victims:**
   a. Predominance in ages youths, especially between 20 and 30 years.

7. **Area Geographical:**
   a. Urban: 74.7%.
   b. Rural: 25.3%.

8. **Background Criminals:**
   a. Without data: 10,769.
   b. Without background: 2,557.
   c. With background: 810.

5. Conclusions

The findings of this study confirm that firearms are the main means used in intentional homicides in Ecuador, underlining the urgent need to strengthen gun control and regulation mechanisms. This problem not only reflects the availability of weapons in the country, but also the ease with which they can be used to commit violent acts. The implementation of stricter policies in this area, together with awareness campaigns on the risks associated with carrying and using weapons, could significantly contribute to reducing homicide rates. Furthermore, the study reveals that the majority of homicide victims are young men, a demographic group that presents specific vulnerabilities. Factors such as social exclusion, lack of educational and employment opportunities, and exposure to violent environments may be influencing this trend. This finding highlights the importance of designing interventions aimed at this population, focused on prevention and social inclusion, with the aim of reducing their exposure to risk situations and offering alternatives for personal and community development.

On the other hand, it is observed that the coastal provinces concentrate the highest incidence of homicides, which suggests a direct relationship with social and economic factors particular to these regions. The high population density, the presence of illicit activities such as drug trafficking, and the conditions of poverty and inequality could be exacerbating violence in these areas. This geographic pattern indicates the need to adopt differentiated territorial approaches that consider local dynamics and promote comprehensive security and development strategies. Despite the advances in understanding these phenomena, the study presents limitations that must be addressed in future research. These include the lack of detailed data on the specific contexts in which homicides occur, as well as the possible underestimation of unreported cases. In addition, the complexity of the intervening factors, such as criminal networks and socioeconomic dynamics, requires more robust and multidimensional methodological approaches. In this regard, it is suggested that future research explore the application of neutrosophic methods to analyze the uncertainty and ambiguity inherent in data related to violent crime. Neutrosophics, as an extension of fuzzy logic, allows for handling imprecise, contradictory, or incomplete information, which could be especially useful in the study of complex social phenomena such as homicides. For example, this approach could be integrated with artificial intelligence techniques to model patterns of violence, identify nonlinear risk factors, and predict future scenarios under conditions of uncertainty. Furthermore, neutrosophics could facilitate decision-making in public policies, by providing tools to evaluate multiple variables simultaneously and prioritize interventions in contexts where resources are limited.

In conclusion, this study provides valuable evidence for understanding homicide patterns in Ecuador and guiding concrete actions for their prevention. However, the incorporation of neutrosophic methods in future research could significantly expand the scope and precision of the analyses, offering new perspectives for addressing this complex and multifaceted challenge.

5.1. Recommendations of the study.

1. **Strategies of Prevention Focused:**
   - **Urban Hotspots:** Focus resources on urban areas, particularly in Guayas (specifically Guayaquil), where occurs most incidents. Increased police presence, community policing initiatives and improved street lighting in these areas could be considered.
   - **Gun Control:** Since firearms are the most widely used weapons, it is crucial to strengthen gun control measures. This could include stricter background checks, reducing gun sales, and reducing the number of firearms sold. illegal of arms and establish programs of buyback of arms.
   - **Tackle the Delinquency Common:** Given that the delinquency common is The main motivation is

to improve community police intervention programs that address petty theft, drug activity, and other problems. Community support programs can help young people in risk to avoid he crime and build communities further strong.

2. **Interventions Social and Economic:**
   - **Improving Educational Opportunities:** Although the information analyzed does not pertain to education, providing educational and vocational training options can lead to higher levels of education and potentially divert individuals from crime.
   - **Youth Employment Programs:** Create job opportunities for young people, especially in marginalized communities, to offer alternatives economic to the crime. This includes learnings, trade schools and assistance in starting small businesses.
   - **Mental Health Support:** Although not explicitly mentioned, providing access to services of health mental, included therapy and courses of management of the gonna, can reduce the tendencies violent, especially in those that face threats I are involved in he crime.
   - **Addressing Poverty:** Addressing systemic issues like poverty can decrease the likelihood of committing and being a victim of crime.
3. **Application of the Law and System of Justice Penal:**
   - **Improve Research and Prosecution:** Improving the capabilities of investigation and prosecution for to hold responsible to the perpetrators of violent crimes. This includes the use of modern crime analysis techniques.
   - **Community Engagement:** Strengthening the relationship between law enforcement and the communities. The police community can help to generate trust and allow efforts improved directed by the community to address the root causes of violence.
   - **Victim Support:** Provide comprehensive support to victims and their families, including trauma support, legal assistance, and financial assistance.
   - **Reducing Impunity:** Ensuring a judicial system that enforces the rule of law. Efforts must be made to ensure that perpetrators are prosecuted in a timely and efficient manner.
4. **Collection and Analysis of Data:**
   - **Improve Data Collection:** Collect and analyze better data on homicides, including the circumstances surrounding the incidents, victims' socioeconomic backgrounds, and more comprehensive educational data.
   - **Regular Analysis:** Regularly review this data to track trends and modify prevention strategies.
5. **Programs Community:**
   - **Conflict Resolution and Mediation:** Implement programs to resolve community disputes peacefully, including neighborhood mediation services.
   - **Community-Based Prevention:** Foster community-led prevention programs that work to educate residents and promote peaceful problem resolution.
   - **Addressing Gender-Based Violence:** Since statistics show that the most of the victims of homicide are men, HE could use specific and appropriate strategies to reduce violence against women in Ecuador.

Considerations General:

- **Multi-Sectoral Approach:** Addressing violence through a cooperative, multi-sectoral approach involving government, community-based organizations, nonprofits, faith-based organizations, and the private sector.
- **Tailored Approaches:** Recognize that patterns of violence may vary across regions and create prevention efforts that are tailored to the needs specific of different regions in Ecuador.
- **Long-Term Commitment:** Implement long-term violence prevention programs and community development plans that can be sustained over time.

References

[1] P. Salama (2013), "Homicides: Is violence inevitable in Latin America?" Frontera Norte, vol. 25, no. 49, pp. 7–27, [Online]. Available : https://fronteranorte.colef.mx/index.php/fronteranorte/article/view/790/301.

[2] Femicidal violence in Ecuador: analysis with a criminological perspective," Revista de Derecho, vol. 8, no. 1, pp. 80–102, doi : 10.47712/rd.2023.v8i1.236.

[3] M. Bergman (2018), "More money, more crime: Prosperity and rising crime in Latin America," Oxford University Press, doi : 10.1093/ oso /9780190692094.001.0001.

[4] R. Briceño-León and V. Zubillaga (2002), " Violence and globalization in Latin America America , Current Sociology , vol. 50, no. 1, pp. 19–37, doi :10.1177/0011392102050001003.

[5] Ecuadorian Observatory of Organized Crime (OECO) (2024), "Biannual bulletin of intentional homicides in Ecuador," [Online]. Available: https://oeco.padf.org/wp-content/uploads/2024/09/Boletin- semestral-de-homicidios-Primer-semestre-de-2024_compressed.pdf.

[6] Government of Ecuador (2024), "Data on disappearances in Ecuador," *Open Data of Ecuador* , [Online]. Available : https://www.datosabiertos.gob.ec . .

[7] L. Wacquant (2008), "Urban outcasts: A comparative sociology of advanced marginality," Polity Press, [Online]. Available: https://www.politybooks.com/bookdetail/?isbn=9780745631240.

[8] C. Vilalta (2015), "Global trends in violent crime: A spatial perspective," GeoJournal , vol. 80, no. 4, pp. 565–578, doi :10.1007/s10708-014-9609-9.

[9] Ministry of the Interior EC (2025), "Intentional Homicides Ecuador 2024," Open Data Catalog of the Government of Ecuador, [Online]. Available: https://www.datosabiertos.gob.ec/dataset/homicidios-intencionales/resource/cb8f704e-2b27-4d7f-9431-d40c4e27fa48.

[10] A. Chalfin and J. McCrary (2017), "Criminal deterrence: A review of the literature," Journal of Economic Literature, vol. 55, no. 1, pp. 5–48, doi : 10.1257/jel.20141147.

[11] HA Zapata Mayorga and A. Kumar Vivas (2024), "Analysis of Intentional Homicides in Ecuador Using Tree Regression and Random Forest Models," Scientific Journal.

[12] F. Smarandache (2010), "Neutrosophic logic - A generalization of the intuitionistic fuzzy logic," Studies in Logic, Grammar and Rhetoric, vol. 22, no. 35, pp. 7–18, [Online]. Available: http://fs.unm.edu/NeutrosophicLogic.pdf.

[13] J. Ye (2016), "Multiple attribute group decision-making method with completely unknown weights based on similarity measures under single valued neutrosophic environment," Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, vol. 30, no. 5, pp. 2927–2935, doi : 10.3233/IFS-152030.

[14] M. Sahin, I. Deli, and V. Uluçay (2017), "Neutrosophic multi-criteria decision making using similarity measures," Symmetry, vol. 9, no. 10, pp. 232, doi : 10.3390/sym9100232.

[15] P. Biswas, S. Pramanik , and BC Giri (2014), "TOPSIS method for multi-attribute group decision-making under single-valued neutrosophic environments," Neural Computing and Applications, vol. 25, no. 3-4, pp. 1019–1030, doi :10.1007/s00521-014-1752-4.

[16] R. Tan, W. Zhang, and S. Chen (2019), "A novel neutrosophic CODAS method for supplier selection," Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, vol. 36, no. 6, pp. 6189–6203, doi : 10.3233/JIFS-181711.

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 18, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Evaluación del rendimiento de las técnicas manuales y mecanizadas en endodoncia mediante conjuntos Multineu-trosophic SuperHyperSoft

Evaluation of the performance of manual and mechanized techniques in endodontics using Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets

Ángel Gerardo Lara Muñoz [1], Estefanía Alexandra Chávez Mestanza [2], Jeannette Cecilia Pazmiño Garcés [3], and Daniela Jazmina Proaño Mendoza [4]

[1]Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. ua.angellm69@uniandes.edu.ec
[2]Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. us.estefaniacm04@uniandes.edu.ec
[3]Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. us.jeannettepg64@uniandes.edu.ec
[4]Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. danielapm01@uniandes.edu.ec

Resumen. La preparación de conductos radiculares ha constituido un proceso para tratar dientes con daño pulpar irreversible. De hecho, las técnicas actuales han avanzado con la incorporación de instrumentación mecanizada y mejoras en los métodos de irrigación, al optimizar la eficiencia y precisión del procedimiento. En función de lo expresado, el presente estudio realizó una revisión de técnicas modernas, al destacar las innovaciones en instrumentación mecanizada, materiales avanzados y métodos de irrigación. Para ello, se implementó el Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets para facilitar la selección de técnicas según condiciones clínicas. Los resultados han mostrado que ambas técnicas se eligen de acuerdo con las necesidades del paciente. Además, se ha sugerido que la combinación de ambas optimiza los resultados clínicos, minimiza los riesgos y mejora la seguridad del tratamiento. En conclusión, se ha recomendado investigar la adaptación de sistemas mecanizados en anatomías complejas y el desarrollo de materiales más duraderos y precisos.

Palabras Claves: instrumentación mecanizada, tratamientos endodónticos, anatomía dental, Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets.

Abstract. Root canal preparation has been a process used to treat teeth with irreversible pulp damage. In fact, current techniques have advanced with the incorporation of mechanized instrumentation and improvements in irrigation methods, optimizing the efficiency and precision of the procedure. Based on the above, the present study conducted a review of modern techniques, highlighting innovations in mechanized instrumentation, advanced materials, and irrigation methods. To achieve this, the Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets model was implemented to facilitate the selection of techniques based on clinical conditions. The results have shown that both techniques are chosen according to the patient's needs. Furthermore, it has been suggested that the combination of both optimizes clinical outcomes, minimizes risks, and enhances treatment safety. In conclusion, it is recommended to investigate the adaptation of mechanized systems for complex anatomies and the development of more durable and precise materials.

Keywords: Mechanized instrumentation, endodontic treatments, dental anatomy, Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets.

1 Introducción

El tratamiento de conductos radiculares constituye una intervención odontológica fundamental para preservar dientes con daño pulpar irreversible, al evitar así su extracción [1]. Este procedimiento se basa en la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares, elementos esenciales para restablecer tanto la salud bucal como la funcionalidad del diente afectado [2].

En los últimos años, el desarrollo de sistemas mecanizados ha optimizado significativamente este tratamiento, al mejorar la eficiencia en la reducción de la carga bacteriana [3-19]. De hecho, esta evolución tecnológica ha facilitado, además, la realización de retratamientos no quirúrgicos en casos de fracaso inicial, especialmente en lesiones periapicales menores a 5 mm, donde la disminución bacteriana resulta más efectiva [4-20]. Por otro lado, la combinación de limas manuales e instrumentos mecanizados se ha consolidado como una alternativa eficaz para mejorar el pronóstico clínico, al favorecer una desinfección más completa del sistema de conductos [5-21].

Asimismo, los avances en técnicas, materiales e instrumentación han permitido mejorar la calidad del procedimiento endodóntico [6] [7-22]. Estos progresos no solo han reducido el número de citas requeridas, sino que también han incrementado la durabilidad de los instrumentos, aspecto clave en el tratamiento de conductos estrechos y curvos, que representan un desafío clínico considerable [8].

En función de lo antes expuesto, este artículo presenta una revisión de las técnicas modernas de preparación de conductos radiculares, con énfasis en innovaciones relacionadas con la instrumentación mecanizada, el uso de materiales avanzados y la optimización de los métodos de irrigación. Para lograrlo, se realiza la revisión bibliográfica de fuentes relacionadas con el tema de estudio, así como introducción de la modelación Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets, que facilita la selección de técnicas mediante la integración de parámetros clínicos y condiciones específicas. De hecho, proporciona una visión integral de los procedimientos endodónticos modernos, incluso, ofrece a los profesionales de la odontología herramientas para adaptar sus prácticas y así promover tratamientos más precisos y exitosos, al contribuir al continuo avance de la endodoncia.

2. Métodos

2.1. Compilación de la información del estudio

Esta revisión bibliográfica, de enfoque cualitativo y descriptivo, se centró en recopilar artículos científicos publicados entre 2019 y 2024 sobre técnicas endodónticas convencionales y rotatorias. Se utilizó Google Académico como fuente, al aplicar criterios de inclusión como estudios comparativos y con una antigüedad menor a cinco años. Se excluyeron artículos no relacionados, de más de cinco años, con el fin de garantizar la relevancia y actualidad de los resultados obtenidos. Además, se propone el uso de Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets para evaluar cada técnica en función de las condiciones clínicas y los parámetros específicos. De modo que permite una análisis preciso y flexible de los resultados, al incorporar la incertidumbre y la variabilidad inherentes a los procedimientos endodónticos.

2.2. Neutrosophic SuperHyperSoft Sets

This section serves the purpose of remembering the basic notions of Fuzzy Extension SuperHyperSoft Sets and neutrosophic theory.

Definition 1. Given U is the initial universe set and E is the set of parameters. A pair (F, E) is called a *soft set* (over U) if and only if F is a mapping of E into the set of all subsets of U.

That is to say, having a set E of parameters and fixing a parameter $\varepsilon \in \mathrm{E}$, then $\mathrm{F}(\varepsilon) \in \mathcal{P}(\mathrm{U})$, where $\mathcal{P}(\mathrm{U})$ denotes the power set of U and $\mathrm{F}(\varepsilon)$ is considered the set of ε-elements of the Soft Set (F, E) or the set of ε-approximate elements of the Soft Set [9].

It is not difficult to realize that fuzzy sets are soft sets, this is a consequence of the α-levels definition of a membership function μ_{A} where we have the following:

$\mathrm{F}(\alpha) = \{\mathrm{x} \in \mathrm{U} \mid \mu_{\mathrm{A}}(\mathrm{x}) \geq \alpha\}$, $\alpha \in [0, 1]$. Thus, if we know the family F, then we can reconstruct the function μ_{A} by using the following formula:

$$\mu_A(x) = \sup_{\substack{\alpha \in [0,1] \\ x \in F(\alpha)}} \alpha$$

Thus, a fuzzy set is a $(\mathrm{F}, [0, 1])$ soft set.

Given a binary operation * for subsets of the set U, where (F, A) and (G, B) are soft sets over U. Then, the operation * for soft sets is defined as follows:

$(\mathrm{F}, \mathrm{A}) * (\mathrm{G}, \mathrm{B}) = (\mathrm{J}, \mathrm{A} \times \mathrm{B})$, where $\mathrm{J}(\alpha, \beta) = \mathrm{F}(\alpha) * \mathrm{G}(\beta)$; $\alpha \in \mathrm{A}$, $\beta \in \mathrm{B}$, and $\mathrm{A} \times \mathrm{B}$ is the Cartesian product of the sets A and B.

Definition 2. Let U be a universe set, $\mathcal{P}(\mathrm{U})$ the power set of U. Let $a_1, a_2, \ldots, a_n$, for $n \geq 1$, be n distinct attributes, whose corresponding attribute values are respectively the sets $A_1, A_2, \ldots, A_n$, with $A_i \cap A_j = \emptyset$, for $i \neq j$, and $i, j \in \{1, 2, \ldots, n\}$. Then the pair $(F, A_1 \times A_2 \times \ldots \times A_n)$, where: $F: A_1 \times A_2 \times \ldots \times A_n \to \mathcal{P}(\mathrm{U})$ is called a *HyperSoft Set* over U.

Definition 3. Let U be a universe set, $\mathcal{P}(\mathrm{U})$ the power set of U. Let $a_1, a_2, \ldots, a_n$, for $n \geq 1$, be n distinct attributes, whose corresponding attribute values are respectively the sets $A_1, A_2, \ldots, A_n$, with $A_i \cap A_j = \emptyset$, for $i \neq j$, and $i, j \in \{1, 2, \ldots, n\}$. Then the pair $\big(F, \mathcal{P}(A_1) \times \mathcal{P}(A_2) \times \ldots \times \mathcal{P}(A_n)\big)$, where:

$F: \mathcal{P}(A_1) \times \mathcal{P}(A_2) \times \ldots \times \mathcal{P}(A_n) \rightarrow \mathcal{P}(\mathrm{U})$ is called a *SuperHyperSoft Set* over U.

Definition 4. Let U be a universe set, $\mathcal{P}(\mathrm{U})$ the power set of U. Let $a_1, a_2, \ldots, a_n$, for $n \geq 1$, be n distinct attributes, whose corresponding attribute values are respectively the sets $A_1, A_2, \ldots, A_n$, with $A_i \cap A_j = \emptyset$, for $i \neq j$, and $i, j \in \{1, 2, \ldots, n\}$. Then the pair $\big(F, \mathcal{P}(A_1) \times \mathcal{P}(A_2) \times \ldots \times \mathcal{P}(A_n)\big)$, where:

$F: \mathcal{P}(A_1) \times \mathcal{P}(A_2) \times \ldots \times \mathcal{P}(A_n) \rightarrow \mathcal{P}\left(\mathrm{U}\big(x(d^0)\big)\right)$ is called a *Fuzzy_Extension SuperHyperSoft Set* over U.

Where $x(d^0)$ is the fuzzy or any fuzzy extension degree of appurtenance of the element x to the set U. Fuzzy extension means Fuzzy Set or Intuitionistic Fuzzy Set, Pythagorean Fuzzy Set, Fermatean Fuzzy Set, Neutrosophic Fuzzy Set, Plithogenic Fuzzy Set, etc [10].

Before concluding, let us recall some fundamental definitions of neutrosophic sets:

Definition 5. The *Neutrosophic set N* is characterized by three membership functions, which are the truth-membership function T_A, indeterminacy-membership function I_A, and falsity-membership function F_A, where U is the Universe of Discourse and $\forall x \in U$, $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \subseteq]^{-}0, 1^{+}[$, and $^{-}0 \leq \inf T_A(x) + \inf I_A(x) + \inf F_A(x) \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \leq 3^{+}$ [11].

See that according to the definition, $T_A(x), I_A(x)$, and $F_A(x)$ are real standard or non-standard subsets of $]^{-}0, 1^{+}[$ and hence, $T_A(x), I_A(x)$ and $F_A(x)$ can be sub-intervals of $[0, 1]$. $^{-}0$ and 1^{+} belong to the set of hyperreal numbers.

Definition 6. The *Single-Valued Neutrosophic Set* (SVNS) A over U is $A = \{< x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) > : x \in U\}$, where $T_A: U \rightarrow [0, 1]$, $I_A: U \rightarrow [0, 1]$ and $F_A: U \rightarrow [0, 1]$. $0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$.

Los CNVU surgieron con la idea de aplicar los conjuntos neutrosóficos con fines prácticos. Algunas operaciones entre NNVU se expresan a continuación:

Dados A1 = (a1, b1, c1) y A2 = (a2, b2, c2) dos NNVU se tiene que la suma entre A1 y A2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1 + a_2 - a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2) \tag{1}$$

Dados A1 = (a1, b1, c1) y A2 = (a2, b2, c2) dos NNVU se tiene que la multiplicación entre A1 y A2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1 a_2, b_1 + b_2 - b_1 b_2, c_1 + c_2 - c_1 c_2) \tag{2}$$

El producto por un escalar positivo con un NNVU, A = (a, b, c) se define por:

$$A = (1 - (1 - a), b, c) \tag{3}$$

The *Single-Valued Neutrosophic Number* (SVNN) is symbolized by $N = (t, i, f)$, such that $0 \leq t, i, f \leq 1$ and $0 \leq t + i + f \leq 3$.

Definition 7 [12]. The *single-valued triangular neutrosophic number*, $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2. a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, is a neutrosophic set on $\mathbb{R}$, whose truth, indeterminacy, and falsity membership functions are defined as follows:

Definition 8. Given $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$ and $\tilde{b} = \langle (b_1, b_2, b_3); \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{b}} \rangle$ two single-valued triangular neutrosophic numbers and λ any non-null number in the real line. Then, the following operations are defined:

Definition 9 [12]. The *single-valued triangular neutrosophic number*, $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2. a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, is a neutrosophic set on $\mathbb{R}$, whose truth, indeterminacy, and falsity membership functions are defined as follows:

Definition 10 ([13])**.** The MultiNeutrosophic Set (or Subset MultiNeutrosophic Set SMNS).

Let $\mathcal{U}$ be a universe of discourse and M a subset of it. Then, a MultiNeutrosophic Set is: $M = \{x, x(T_1, T_2, \ldots, T_p; I_1, I_2, \ldots, I_r; F_1, F_2, \ldots, F_s)\}, x \in U$,

where p, r, s are integers $\geq 0, p + r + s = n \geq 2$ and at least one of $p, r, s \ is \geq 2$, in order to ensure the existence of multiplicity of at least one neutrosophic component: truth/membership, indeterminacy, or falsehood/nonmembership; all subsets $T_1, T_2, \ldots, T_p; I_1, I_2, \ldots, I_r; F_1, F_2, \ldots, F_s \subseteq [0,1]$;

$0 \leq \sum_{j=1}^{p} inf\ T_j + \sum_{k=1}^{r} inf\ I_k + \sum_{l=1}^{s} inf\ F_l \leq \sum_{j=1}^{p} sup\ T_j + \sum_{k=1}^{r} sup\ I_k + \sum_{l=1}^{s} sup\ F_l \leq n.$

No other restrictions apply on these neutrosophic multicomponents.

$T_1, T_2, \ldots, T_p$ are multiplicities of the truth, each one provided by a different source of information (expert).

Similarly, $I_1, I_2, \ldots, I_r$ are multiplicities of the indeterminacy, each one provided by a different source.

And $F_1, F_2, \ldots, F_s$ are multiplicities of the falsehood, each one provided by a different source.

The Degree of MultiTruth (MultiMembership), also called *MultiDegree of Truth*, of the element x with respect to the set M are $T_1, T_2, \ldots, T_p$.

the Degree of MultiIndeterminacy (MultiNeutrality), also called *MultiDegree of Indeterminacy*, of the element x with respect to the set M are $I_1, I_2, \dots, I_r$.

and the Degree of MultiFalsehood (MultiNonmembership), also called *MultiDegree of Falsehood*, of element x with respect to the set M are $F_1, F_2, \dots, F_s$.

All these $p + r + s = n \geq 2$ are assigned by n sources (experts) that may be:

- either totally independent;
- or partially independent and partially dependent;
- or totally dependent; according or as needed to each specific application.

A generic element x with regard to the MultiNeutrosophic Set A has the form:

$$\underset{\text{multi-truth}}{x(T_1, T_2, \dots, T_p;} \quad \underset{\text{multi-indeterminacy}}{I_1, I_2, \dots, I_r;} \quad \underset{\text{multi-falsehood}}{F_1, F_2, \dots, F_s)}$$

In many particular cases $p = r = s$, and a source (expert) assigns all three degrees of truth, indeterminacy, and falsehood T_j, I_j, F_j for the same element.

Definition 11. Ranking of n-valued MultiNeutrosophic types of the same (p, r, s)-form.

$(T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)$, where p, r, s are integers ≥ 0, and $p + r + s = n \geq 2$, and at least one of $p, r, s \geq 2$ to be sure that it has multiplicity for at least one neutrosophic component (either truth, or indeterminacy, or falsehood).

It proposes an easier n-ranking, but this is rather an approximation. Let's compute the following.

Average positivity (4).

$$\frac{\sum_{j=1}^{p} T_j + \sum_{k=1}^{r}(1 - I_k) + \sum_{e=1}^{s}(1 - F_e)}{p + r + s} \tag{4}$$

Average (Truth-Falsehood) (5)

$$\frac{\sum_{j=1}^{p} T_j + \sum_{e=1}^{s}(1 - F_e)}{p + s} \tag{5}$$

Average Truth (6).

$$\frac{\sum_{j=1}^{p} T_j}{p} \tag{6}$$

Definition 12. Ranking n-valued MultiNeutrosophic tuples of different (p, r, s)–forms.

Let's consider two n-valued multi neutrosophic tuples of the forms (p_1, r_1, s_1) and respectively (p_2, r_2, s_2), where $p_1, r_1, s_1, p_2, r_2, s_2$ are integers ≥ 0, and $p_1 + r_1 + s_1 = n_1 \geq 2$, and at least one of $p_1, r_1, s_1 is \geq 2$, to be sure that we have multiplicity for at least one neutrusophic component (either truth, or indeterminacy, or falsehood); similarly $p_2 + r_2 + s_2 = n_2 \geq 2$, and at least one of $p_2, r_2, s_2\ is \geq 2$.

Let's take the following Single-Valued Multi Neutrosophic Tulpes (SVMNT):

$SVMNT = (T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)$ of $(p_1, r_1, s_1) - form$, and

$SVMNT' = (T'_1, T'_2, \dots, T'_p; I'_1, I'_2, \dots, I'_r; F'_1, F'_2, \dots, F'_s)$ of $(p_1, r_1, s_1) - form$.

It makes the classical averages of truth (T_a), indeterminancies (I_a) and falsehood (F_a), respectively for $SVMNT = (T_a, I_a, F_a)$ and the averages of truths (T_a), indeterminancies (I_a) and falsehood (F_a) respectively for: $SVMNT = (T'_a, I'_a, F'_a)$. And then it applies the Score (S), Accuracy (A), and Certainty (C) Functions, as for the single valued neutrosophic set:

Compute the Score Function (average of positiveness) (7).

$$S(T_a, I_a, F_a) = \frac{T_a + (1 - I_a) + (1 - F_a)}{3}$$
$$S(T'_a, I'_a, F'_a) = \frac{T'_a + (1 - I'_a) + (1 - F'_a)}{3} \tag{7}$$

i. If $S(T_a, I_a, F_a) \geq S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
ii. If $S(T_a, I_a, F_a) \leq S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
iii. And if $S(T_a, I_a, F_a) = S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$, then go to the second step.

Compute the Accuracy Function (difference between the truth and falsehood) (8).

$$A(T_a, I_a, F_a) = T_a - F_a$$
$$A(T'_a, I'_a, F'_a) = T'_a - F'_a \tag{8}$$

i. If $A(T_a, I_a, F_a) \geq A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
ii. If $A(T_a, I_a, F_a) \leq A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
iii. And if $A(T_a, I_a, F_a) = A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$, then go to the third step.

3. Compute the Certainty Function (truth) (9).

$$C(T_a, I_a, F_a) = T_a$$
$$C(T'_a, I'_a, F'_a) = T'_a \quad (9)$$

i. If $C(T_a, I_a, F_a) \geq C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
ii. If $C(T_a, I_a, F_a) \leq C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
iii. And if $C(T_a, I_a, F_a) = C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$ are multi-neutrosophically equal, i.e $T_a = T'_a, I_a = I'_a, F_a = F'_a$, or their corresponding truth, indeterminancy, and falsehood averages are equal.

Definition 13. In cases some sources have a greater weight in evaluation than others, one uses the weighted averages, indexed as T_{wa}, I_{ua}, F_{va} and $T'_{wa}, I'_{ua}, F'_{va}$, respectively. Because the sources may be independent or partially independent, the sum of weights should not necessarily be equal to 1. As such:

i. $w_1, w_2, \dots, w_p \in [0,1]$, while the sum $w_1 + w_2 + \cdots + w_p$ may be $< 1, or = 1, or > 1$.
ii. $u_1, u_2, \dots, u_p \in [0,1]$, while the sum $u_1 + u_2 + \cdots + u_p$ may be $< 1, or = 1, or > 1$.
iii. $v_1, v_2, \dots, v_p \in [0,1]$, while the sum $v_1 + v_2 + \cdots + v_p$ may be $< 1, or = 1, or > 1$.

And, similarly, one applies the Score, Accuracy, and Certainty Functions on these weighted averages to rank them.

3. Endodoncia.

3.1. Tratamientos y técnicas

El tratamiento de conductos radiculares se ha consolidado como un procedimiento común en odontología, al ser una alternativa eficaz para preservar dientes afectados por caries avanzadas. Este procedimiento tiene como objetivo la eliminación de infecciones mediante una adecuada limpieza y la prevención de reinfecciones mediante un sellado efectivo de los conductos radiculares.

El sistema de conductos radiculares corresponde a las estructuras internas de la raíz dental, las cuales presentan variaciones anatómicas según el paciente. La limpieza y conformación del canal radicular constituyen fases críticas para el éxito del tratamiento endodóntico, ya que dependen de las técnicas empleadas y los instrumentos utilizados durante la irrigación.

La Asociación Americana de Endodoncia (AAE) describe la *Smear Layer* o capa residual como una película superficial compuesta por escombros de dentina, tejido pulpar y componentes bacterianos, generada durante la instrumentación manual o mecanizada. Para la preparación de los conductos radiculares se emplean técnicas manuales, mecanizadas o combinadas, cada una con características particulares.

La técnica manual con fuerzas balanceadas, propuesta por Roane y colaboradores, se realiza con limas K mediante movimientos alternantes que permiten la remoción del tejido dentinario sin aplicar presión excesiva en sentido apical. Esta técnica se lleva a cabo en tres fases secuenciales que incluyen movimientos en sentido horario y antihorario con presiones controladas, al lograr así una limpieza y conformación efectiva.

Por otro lado, la instrumentación mecanizada, basada en sistemas rotatorios de níquel-titanio (NiTi), ha optimizado el tratamiento endodóntico al reducir el tiempo de trabajo y mejorar la precisión en la conformación del conducto radicular. Estos sistemas utilizan motores especializados que controlan parámetros como el torque y la velocidad, al destacar técnicas como Lightspeed, Quantec Series 2000, ProTaper, y PathFile, entre otros.

Si bien la técnica mecanizada ofrece ventajas en términos de eficiencia y limpieza, su implementación requiere una mayor inversión económica y equipos especializados. En consecuencia, la elección del método más adecuado debe considerar factores clínicos, anatómicos y operativos para garantizar el éxito del tratamiento endodóntico.

3.2. Modeling with MultiNeutrosophic SuperHyperSoft Sets: Comparación entre técnicas endodónticas

La selección de la técnica más adecuada para el tratamiento endodóntico constituye un aspecto fundamental en la práctica odontológica, especialmente cuando se consideran factores clínicos que involucran incertidumbre y la variabilidad. Por ende, la aplicación del modelo Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets se presenta como un instrumento que permite realizar múltiples evaluaciones de forma integral a las técnicas manual y mecanizada en endodoncia a partir de varios recursos (determinados de la información aportada de la revisión bibliográfica).

Al emplear el modelo Multineutrosophic SuperHyperSoft Sets, permite evaluar estos criterios al considerar el entorno clínico específico, lo que facilita la toma de decisiones fundamentada. Esta metodología contribuye a determinar la técnica más eficaz en función de factores anatómicos, habilidades del operador y condiciones particulares del paciente, al promover así un enfoque personalizado y eficiente en la endodoncia contemporánea. Para ello, se definen el siguiente conjunto:

$T = \{\{técnica\ manual\}, \{técnica\ mecanizada\}, \{técnica\ manual, técnica\ mecanizada\}\}$,
donde T1: $\{técnica\ manual\}$, T2: $\{técnica\ mecanizada\}$ y T3: $\{técnica\ manual, técnica\ mecanizada\}$

A continuación, se presenta un grupo de parámetros clínicos relevantes en el tratamiento endodóntico d_i, los cuales influyen directamente en la elección de la técnica más adecuada para la instrumentación y obturación del sistema de conductos radiculares. Estos parámetros abarcan desde características anatómicas complejas hasta condiciones patológicas que requieren un manejo especializado (ver tabla 1).

Tabla 1: Condiciones clínicas en el tratamiento endodóntico. Fuente: Elaboración propia.

d_i	Condición clínica	Descripción
d_1	Conductos radiculares curvos	Conductos con curvaturas pronunciadas que dificultan la instrumentación directa, al aumentar el riesgo de perforación o fractura de instrumentos.
d_2	Conductos radiculares calcificados	Canales con reducción significativa de su diámetro debido a la deposición de tejido calcificado, al dificultar la localización y el acceso.
d_3	Conductos radiculares estrechos	Conductos de pequeño calibre que requieren mayor precisión en la instrumentación para evitar perforaciones o extrusión de material.
d_4	Dientes con pulpa necrótica	Piezas dentales con tejido pulpar necrótico que favorecen la proliferación bacteriana, al requerir una desinfección completa.
d_5	Dientes con reabsorción radicular interna o externa	Piezas con pérdida parcial de la estructura radicular que dificultan la conformación del conducto.
d_6	Anatomía radicular atípica	Variaciones morfológicas del sistema de conductos radiculares que requieren técnicas adaptativas de instrumentación.
d_7	Dientes con lesión periapical activa	Piezas con infección en los tejidos apicales que demandan una desinfección efectiva del sistema de conductos.
d_8	Pacientes con limitación de apertura bucal	Situaciones clínicas en las que el acceso al conducto radicular se ve dificultado por una apertura oral reducida.
d_9	Conductos radiculares amplios	Canales con diámetro mayor al habitual, que exigen mayor control en la preparación para evitar sobre-instrumentación.
d_{10}	Casos de retratamiento endodóntico	Procedimientos que requieren la remoción de material de obturación previo y la desinfección completa del conducto radicular.
d_{11}	Fractura radicular vertical	Situación clínica que dificulta el éxito del tratamiento endodóntico, al ser clave la precisión en la instrumentación.
d_{12}	Reabsorciones apicales	Pérdida de tejido óseo o radicular en la región apical que compromete el sellado del conducto.
d_{13}	Lesiones endo-periodontales	Patologías combinadas que afectan tanto el tejido pulpar como el periodonto, al requerir un manejo integral del conducto.
d_{14}	Conductos con múltiples ramificaciones	Sistema de conductos con bifurcaciones, al dificultar la desinfección completa y el sellado apical.
d_{15}	Dientes con caries profundas	Involucran la cámara pulpar, al incrementar el riesgo de infección del sistema de conductos radiculares.

Por otro lado se presenta los indicadores h_i, utilizados para evaluar el desempeño clínico en los procedimientos endodónticos. Estos parámetros determinar la efectividad, eficiencia y seguridad de las técnicas empleadas en la limpieza, conformación y obturación de los conductos radiculares (ver tabla 2).

Tabla 2: Indicadores de desempeño clínico. Fuente: Elaboración propia.

h_i	Indicador	Descripción
h_1	Tiempo de procedimiento	Duración total requerida para completar la limpieza, conformación y obturación del sistema de conductos radiculares.
h_2	Eficiencia en la limpieza	Capacidad de la técnica para eliminar bacterias, tejido pulpar necrótico y restos orgánicos del conducto radicular.
h_3	Control del procedimiento	Grado de precisión y manejo que el operador ejerce durante el procedimiento, especialmente en conductos curvados o complejos.
h_4	Riesgo de fractura de instrumentos	Probabilidad de que los instrumentos utilizados se fracturen durante el procedimiento, especialmente en conductos estrechos o calcificados.
h_5	Morfología del conducto final	Capacidad de la técnica para lograr una conformación cónica uniforme y adecuada del conducto radicular, al facilitar la posterior obturación.
h_6	Obturación del conducto	Facilidad para que el material de obturación se adapte correctamente a las paredes del conducto, al asegurar un sellado hermético.

h_i	Indicador	Descripción
h_7	Costo del procedimiento	Evaluación del costo asociado a los materiales, instrumentos y tiempo necesario para realizar la técnica.
h_8	Adaptabilidad a diferentes anatomías	Capacidad de la técnica para adaptarse a diversas formas y curvaturas del sistema de conductos radiculares.

Una vez definido los parámetros d_i y h_i, se procede a determinar la función F: $(d_i \cap h_i)$ para la obtención de la imagen multineutrosófica en cada conjunto potencia determinado. Para ello, se definen los siguientes pasos a implementar en este estudio:

I. Determinar $\{P_i\}, \left\{T_i\left(x_{d_i}(d^0)\right)\right\}$, al realizar la evaluación multineutrosófica de cada técnica respecto al parámetro d_i, según las evaluaciones presentadas en las tablas 3, 4 y 5.

II. Determinar $\{P_i\}, \left\{T_i\left(x_{h_i}(d^0)\right)\right\}$, al realizar la evaluación multineutrosófica de cada técnica respecto al parámetro h_i, según las evaluaciones expuestas en las tablas 6, 7 y 8.

III. Determinar la F: $(a_i \cap b_i) \rightarrow \{P_i\}, \left\{T_n\left(x_{d_i}(d^0)\right) \cap T_n\left(x_{h_i}(d^0)\right)\right\}$ y definir la mejor técnica respecto los resultados de la función Score (S), descrita en la *definición 12, ecuación (7, 8 y 9)* y planteadas en la tabla 9.

Tabla 3: Evaluación multineutrosófica de T_1 respecto a los parámetros d_i. Fuente: Elaboración propia.

$\{P_i\}, \left\{T_1\left(x_{d_i}(d^0)\right)\right\}$ $(\{T_1, T_2, T_3\}, \{I_1, I_2, I_3\}, \{F_1, F_2, F_3\})$	Evaluación	Score (S)	Accuracy (A)	Certainty (C)
d1({0.6,0.7,0.4},{0.2,0.5,0.2},{0.4,0.6,0.8})	(0.55,0.39,0.61)	0.52	-0.06	0.55
d2({0.5,0.9,0.3},{0.5,0.3,0.4},{0.4,0.1,0.7})	(0.53,0.48,0.28)	0.59	0.25	0.53
d3({0.4,0.8,0.7},{0.9,0.9,0.9},{0.9,0.1,0.6})	(0.62,0.71,0.35)	0.52	0.27	0.62
d4({0.1,0.7,0.1},{0.8,0.3,0.6},{0.6,0.5,0.4})	(0.26,0.63,0.5)	0.38	-0.24	0.26
d5({0.8,0.4,0.7},{0.9,0.5,0.1},{0.8,0.2,0.9})	(0.66,0.54,0.46)	0.55	0.2	0.66
d6({0.2,0.6,0.7},{0.2,0.5,0.2},{0.8,0.3,0.4})	(0.49,0.57,0.41)	0.50	0.08	0.49
d7({0.8,0.6,0.3},{0.3,0.9,0.1},{0.5,0.7,0.6})	(0.57,0.44,0.64)	0.50	-0.07	0.57
d8({0.7,0.6,0.4},{0.2,0.3,0.9},{0.6,0.4,0.3})	(0.57,0.66,0.41)	0.50	0.16	0.57
d9({0.2,0.4,0.3},{0.2,0.5,0.3},{0.2,0.8,0.9})	(0.29,0.66,0.72)	0.30	-0.43	0.29
d10({0.8,0.1,0.2},{0.4,0.3,0.4},{0.6,0.6,0.1})	(0.4,0.65,0.49)	0.42	-0.09	0.4
d11({0.9,0.7,0.9},{0.7,0.3,0.8},{0.4,0.7,0.8})	(0.85,0.47,0.67)	0.57	0.18	0.85
d12({0.9,0.4,0.1},{0.3,0.9,0.7},{0.7,0.5,0.6})	(0.48,0.7,0.56)	0.41	-0.08	0.48
d13({0.5,0.4,0.7},{0.3,0.9,0.8},{0.8,0.8,0.7})	(0.55,0.47,0.78)	0.43	-0.23	0.55
d14({0.9,0.5,0.3},{0.4,0.9,0.5},{0.5,0.7,0.4})	(0.58,0.55,0.6)	0.48	-0.02	0.58
d15({0.4,0.6,0.4},{0.7,0.9,0.5},{0.9,0.3,0.7})	(0.45,0.66,0.49)	0.43	-0.04	0.45

Tabla 4: Evaluación multineutrosófica de T_2 respecto a los parámetros d_i. Fuente: Elaboración propia.

$\{P_i\}, \left\{T_2\left(x_{d_i}(d^0)\right)\right\}$ $(\{T_1, T_2, T_3\}, \{I_1, I_2, I_3\}, \{F_1, F_2, F_3\})$	Evaluación	Score (S)	Accuracy (A)	Certainty (C)
d1({0.1,0.5,0.6},{0.8,0.9,0.2},{0.9,0.3,0.9})	(0.39,0.73,0.53)	0.38	-0.14	0.39
d2({0.6,0.7,0.3},{0.9,0.5,0.4},{0.7,0.1,0.7})	(0.52,0.48,0.33)	0.57	0.19	0.52
d3({0.4,0.9,0.3},{0.6,0.3,0.5},{0.2,0.7,0.7})	(0.5,0.77,0.61)	0.37	-0.11	0.5
d4({0.6,0.2,0.8},{0.9,0.9,0.6},{0.1,0.9,0.6})	(0.57,0.59,0.69)	0.43	-0.12	0.57
d5({0.1,0.1,0.1},{0.2,0.9,0.8},{0.3,0.9,0.7})	(0.1,0.64,0.75)	0.24	-0.65	0.1
d6({0.2,0.8,0.1},{0.9,0.9,0.6},{0.4,0.7,0.6})	(0.32,0.77,0.63)	0.31	-0.31	0.32
d7({0.8,0.6,0.7},{0.5,0.3,0.1},{0.6,0.6,0.5})	(0.71,0.54,0.58)	0.53	0.13	0.71
d8({0.1,0.2,0.6},{0.2,0.5,0.2},{0.4,0.5,0.3})	(0.31,0.26,0.44)	0.54	-0.13	0.31

$\{P_i\},\{T_2(x_{d_i}(d^0))\}$ $(\{T_1,T_2,T_3\},\{I_1,I_2,I_3\},\{F_1,F_2,F_3\})$	Evaluación	Score (S)	Accuracy (A)	Certainty (C)
d9({0.3,0.5,0.7},{0.8,0.3,0.1},{0.9,0.3,0.8})	(0.5,0.71,0.51)	0.43	-0.01	0.5
d10({0.1,0.1,0.6},{0.7,0.5,0.6},{0.1,0.4,0.5})	(0.28,0.37,0.37)	0.51	-0.09	0.28
d11({0.6,0.7,0.4},{0.9,0.9,0.8},{0.2,0.9,0.8})	(0.55,0.44,0.75)	0.45	-0.2	0.55
d12({0.1,0.1,0.8},{0.5,0.9,0.8},{0.6,0.5,0.2})	(0.35,0.75,0.45)	0.38	-0.1	0.35
d13({0.6,0.7,0.4},{0.4,0.5,0.5},{0.2,0.9,0.8})	(0.55,0.55,0.75)	0.42	-0.2	0.55
d14({0.2,0.5,0.2},{0.2,0.5,0.4},{0.2,0.8,0.4})	(0.28,0.37,0.61)	0.43	-0.33	0.28
d15({0.5,0.5,0.8},{0.6,0.5,0.3},{0.3,0.2,0.7})	(0.6,0.47,0.33)	0.60	0.27	0.6

Tabla 5: Evaluación multineutrosófica de T_3 respecto a los parámetros d_i. Fuente: Elaboración propia.

$\{P_i\},\{T_3(x_{d_i}(d^0))\}$ $(\{T_1,T_2,T_3\},\{I_1,I_2,I_3\},\{F_1,F_2,F_3\})$	Evaluación	Score (S)	Accuracy (A)	Certainty (C)
d1({0.6,0.5,0.9},{0.3,0.3,0.6},{0.5,0.3,0.6})	(0.68,0.37,0.4)	0.64	0.28	0.68
d2({0.9,0.4,0.2},{0.4,0.9,0.3},{0.3,0.6,0.2})	(0.51,0.25,0.46)	0.60	0.05	0.51
d3({0.7,0.4,0.7},{0.1,0.5,0.9},{0.3,0.4,0.3})	(0.62,0.65,0.36)	0.54	0.26	0.62
d4({0.4,0.5,0.7},{0.1,0.5,0.4},{0.6,0.7,0.9})	(0.53,0.48,0.73)	0.44	-0.2	0.53
d5({0.9,0.6,0.7},{0.9,0.3,0.8},{0.8,0.5,0.6})	(0.75,0.44,0.57)	0.58	0.18	0.75
d6({0.7,0.5,0.9},{0.1,0.3,0.3},{0.6,0.6,0.9})	(0.72,0.21,0.66)	0.62	0.06	0.72
d7({0.8,0.7,0.3},{0.2,0.5,0.9},{0.6,0.1,0.2})	(0.59,0.29,0.21)	0.70	0.38	0.59
d8({0.3,0.8,0.2},{0.1,0.5,0.2},{0.2,0.4,0.2})	(0.4,0.25,0.32)	0.61	0.08	0.4
d9({0.7,0.2,0.9},{0.5,0.9,0.4},{0.7,0.3,0.9})	(0.64,0.73,0.5)	0.47	0.14	0.64
d10({0.1,0.8,0.8},{0.1,0.9,0.1},{0.9,0.6,0.1})	(0.54,0.35,0.55)	0.55	-0.01	0.54
d11({0.9,0.4,0.5},{0.7,0.5,0.8},{0.7,0.5,0.2})	(0.62,0.41,0.47)	0.58	0.15	0.62
d12({0.3,0.6,0.3},{0.3,0.3,0.1},{0.8,0.4,0.5})	(0.38,0.44,0.49)	0.48	-0.11	0.38
d13({0.7,0.9,0.1},{0.8,0.3,0.8},{0.1,0.2,0.4})	(0.54,0.61,0.23)	0.57	0.31	0.54
d14({0.4,0.1,0.9},{0.8,0.3,0.3},{0.6,0.7,0.2})	(0.5,0.44,0.57)	0.50	-0.07	0.5
d15({0.2,0.8,0.9},{0.4,0.5,0.4},{0.7,0.2,0.7})	(0.63,0.34,0.4)	0.63	0.23	0.63

Los resultados de las tablas 3 a la 5, definen las evaluaciones multineutrosóficas de cada técnica T_i según los parámetros d_i. De hecho, permite la obtención de los valores de la función (S) para cada T_i, al determinar la preferencia de una técnica sobre otra (ver figura 1).

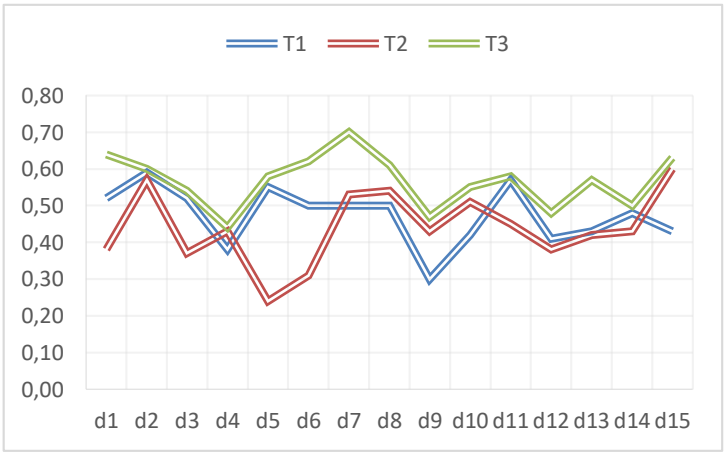


Figura 1: Función score (S) de cada técnica T_i según los parámetros d_i. Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los resultados de la figura 1 se observa que la técnica combinada T_3 se posiciona por encima de las otras, al visualizarse una mayor preferencia de los operarios respecto sobre las demás. Entre la fundamentación de esta selección se observa:

- Técnica manual: Es ideal para casos que requieren control preciso, como conductos complejos, estrechos o calcificados. También se prefiere cuando se busca un acabado estético o cuando se requiere un alto control manual durante el tratamiento.
- Técnica mecanizada: Es más eficiente en procedimientos rápidos, en conductos rectos o ligeramente curvados, y en situaciones que requieren una rápida eliminación de bacterias o necrosis, como infecciones severas o necrosis pulpar.
- Combinación: Es más versátil y se adapta bien a condiciones clínicas que presentan tanto complejidad como la necesidad de rapidez o precisión. Es la opción más recomendada cuando se requiere una desinfección completa, control estético y eficiencia operativa, particularmente en conductos complejos, infecciones moderadas o severas, y cuando hay dificultades de acceso.

Tabla 6: Evaluación multineutrosófica de T_1 respecto a los parámetros h_i. Fuente: Elaboración propia.

$\{P_i\},\{T_1(x_{h_i}(d^0))\}$ $(\{T_1,T_2,T_3\},\{I_1,I_2,I_3\},\{F_1,F_2,F_3\})$	Evaluación	Score (S)	Accuracy (A)	Certainty (C)
h1({0.1,0.6,0.7},{0.9,0.5,0.4},{0.1,0.9,0.4})	(0.45,0.79,0.65)	0.34	-0.2	0.45
h2({0.6,0.4,0.2},{0.1,0.5,0.9},{0.5,0.7,0.9})	(0.4,0.27,0.71)	0.47	-0.31	0.4
h3({0.9,0.7,0.6},{0.2,0.5,0.8},{0.7,0.6,0.8})	(0.74,0.33,0.66)	0.58	0.08	0.74
h4({0.5,0.4,0.1},{0.1,0.5,0.6},{0.3,0.7,0.1})	(0.33,0.46,0.5)	0.46	-0.17	0.33
h5({0.1,0.6,0.5},{0.1,0.5,0.9},{0.1,0.3,0.9})	(0.4,0.77,0.39)	0.41	0.01	0.4
h6({0.4,0.9,0.3},{0.3,0.5,0.4},{0.8,0.3,0.6})	(0.5,0.63,0.45)	0.47	0.05	0.5
h7({0.4,0.4,0.9},{0.2,0.5,0.6},{0.9,0.9,0.1})	(0.58,0.6,0.73)	0.42	-0.15	0.58
h8({0.7,0.5,0.4},{0.7,0.5,0.3},{0.5,0.2,0.3})	(0.54,0.55,0.27)	0.57	0.27	0.54

Tabla 7: Evaluación multineutrosófica de T_2 respecto a los parámetros h_i. Fuente: Elaboración propia.

$\{P_i\},\{T_2(x_{h_i}(d^0))\}$ $(\{T_1,T_2,T_3\},\{I_1,I_2,I_3\},\{F_1,F_2,F_3\})$	Evaluación	Score (S)	Accuracy (A)	Certainty (C)
h1({0.6,0.9,0.3},{0.1,0.5,0.1},{0.4,0.8,0.8})	(0.57,0.35,0.73)	0.50	-0.16	0.57
h2({0.9,0.4,0.2},{0.2,0.5,0.6},{0.6,0.1,0.9})	(0.51,0.54,0.36)	0.54	0.15	0.51
h3({0.6,0.3,0.2},{0.5,0.5,0.2},{0.6,0.9,0.2})	(0.38,0.5,0.7)	0.39	-0.32	0.38
h4({0.3,0.5,0.5},{0.2,0.5,0.6},{0.3,0.4,0.9})	(0.43,0.29,0.49)	0.55	-0.06	0.43
h5({0.6,0.9,0.2},{0.4,0.5,0.4},{0.2,0.1,0.6})	(0.54,0.65,0.23)	0.55	0.31	0.54
h6({0.1,0.2,0.7},{0.7,0.5,0.1},{0.3,0.7,0.2})	(0.34,0.38,0.52)	0.48	-0.18	0.34
h7({0.8,0.5,0.4},{0.3,0.5,0.4},{0.5,0.2,0.8})	(0.57,0.45,0.38)	0.58	0.19	0.57
h8({0.3,0.5,0.6},{0.6,0.5,0.8},{0.6,0.8,0.1})	(0.47,0.39,0.61)	0.49	-0.14	0.47

Tabla 8: Evaluación multineutrosófica de T_3 respecto a los parámetros h_i. Fuente: Elaboración propia.

$\{P_i\},\{T_3(x_{h_i}(d^0))\}$ $(\{T_1,T_2,T_3\},\{I_1,I_2,I_3\},\{F_1,F_2,F_3\})$	Evaluación	Score (S)	Accuracy (A)	Certainty (C)
h1({0.3,0.9,0.1},{0.3,0.5,0.4},{0.9,0.3,0.8})	(0.43,0.63,0.51)	0.43	-0.08	0.43
h2({0.7,0.3,0.7},{0.1,0.5,0.7},{0.7,0.3,0.5})	(0.57,0.54,0.41)	0.54	0.16	0.57
h3({0.6,0.3,0.6},{0.6,0.5,0.9},{0.4,0.1,0.1})	(0.5,0.6,0.15)	0.58	0.35	0.5
h4({0.3,0.9,0.5},{0.1,0.5,0.8},{0.4,0.2,0.5})	(0.57,0.38,0.3)	0.63	0.27	0.57
h5({0.2,0.4,0.8},{0.3,0.5,0.4},{0.7,0.2,0.6})	(0.47,0.7,0.37)	0.47	0.1	0.47
h6({0.8,0.8,0.1},{0.7,0.5,0.7},{0.6,0.4,0.5})	(0.55,0.33,0.46)	0.59	0.09	0.55
h7({0.3,0.8,0.2},{0.2,0.5,0.6},{0.3,0.1,0.4})	(0.4,0.66,0.2)	0.51	0.2	0.4
h8({0.5,0.7,0.3},{0.2,0.5,0.9},{0.7,0.1,0.7})	(0.48,0.6,0.33)	0.52	0.15	0.48

Los resultados de las tablas 6 a la 8, definen las evaluaciones multineutrosóficas de cada técnica T_i según los parámetros h_i. Por tanto, permite la obtención de los valores de la función (S) para cada T_i, al determinar la preferencia de una técnica sobre otra (ver figura 2).

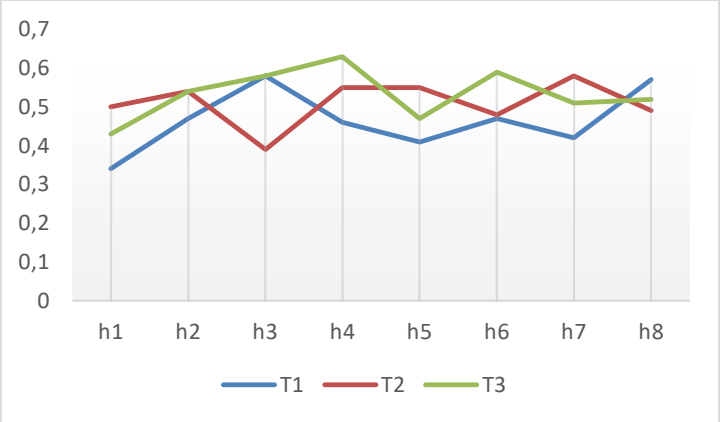


Figura 2: Función score (S) de cada técnica T_i según los parámetros h_i. Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los resultados de la figura 2 se observa que existe variabilidad al seleccionar una técnica de mayor importancia sobre otra por los operarios. De modo que se debe de analizar la evaluación multineutrosófica de cada técnica T_i respecto a sus ventajas y limitaciones dentro del conjunto de parámetros h_i. Por tanto, se obtienen los siguientes fundamentos:

I. Técnica manual (T_1):
- Ventajas: Esta técnica ofrece un alto nivel de control manual, especialmente en conductos radiculares con anatomías complejas o en casos que requieren una intervención precisa. Es particularmente beneficiosa cuando se necesita un manejo detallado para evitar desviaciones en conductos curvados. Además, la técnica manual es ideal para adaptarse a variaciones anatómicas extremas, donde la destreza del operador es clave.
- Limitaciones: La técnica manual requiere mayor esfuerzo físico por parte del operador, lo que provoca fatiga durante procedimientos prolongados. Además, el riesgo de fractura de instrumentos es más alto si no se emplea la técnica adecuada. El tiempo de tratamiento tiende a ser mayor, y los resultados dependen en gran medida de la habilidad del profesional, al afectar la consistencia de los resultados.

II. Técnica mecanizada (T_2):
- Ventajas: Esta técnica se destaca por su rapidez y eficiencia, al reducir significativamente el tiempo del tratamiento. Proporciona una mayor precisión en la conformación del conducto radicular, al optimizar la obturación gracias a una morfología cónica más uniforme. Además, el uso de equipos automatizados disminuye la fatiga del operador, al facilitar procedimientos más largos o repetitivos.
- Limitaciones: La mecanización presenta limitaciones en casos de anatomías complejas o conductos curvados, donde el control manual es más efectivo. También se asocia con un mayor riesgo de desvíos o perforaciones si no se gestiona adecuadamente la velocidad y la presión durante el procedimiento. Además, el costo inicial suele ser más alto debido a la necesidad de instrumentos especializados.

III. Combinación de técnicas (T_3):
- Ventajas: La combinación de técnicas integra los beneficios de ambas metodologías. Proporciona un control superior en anatomías complejas al permitir que el operador gestione manualmente secciones críticas del conducto. Mientras que el uso de herramientas mecanizadas mejora la eficiencia y precisión en la conformación y obturación del conducto. Esta estrategia reduce significativamente el riesgo de complicaciones, mejora la adaptación del material de obturación y optimiza el tiempo del procedimiento.
- Limitaciones: Si bien esta combinación ofrece múltiples beneficios, su aplicación requiere un operador altamente capacitado que sepa cuándo alternar entre ambas técnicas. Además, en algunos casos, la preparación para combinar ambas metodologías demanda tiempo adicional que no siempre se justifica en procedimientos sencillos.

Tabla 9: Representación multineutrosófica de T_i respecto a la función F: $(d_i \cap h_i)$. Fuente: Elaboración propia.

Técnica	F: $(a_i \cap b_i)$		$\{P_i\}, \{T_n(x_{d_i}(d^0)) \cap T_n(x_{h_i}(d^0))\}$	Score (S)	Accuracy (A)	Certainty (C)
	d_i	h_i				
T1	(0.26,0.71,0.78)	(0.33,0.79,0.73)	(0.26,0.79,0.78)	0.23	-0.52	0.26
T2	(0.10,0.77,0.75)	(0.38,0.65,0.73)	(0.10,0.77,0.75)	0.19	-0.65	0.10
T3	(0.38,0.73,0.73)	(0.40,0.70,0.51)	(0.38,0.73,0.73)	0.31	-0.35	0.38

Análisis de los resultados de la tabla 9: Los resultados de la evaluación indicaron que la combinación de ambas técnicas obtuvo un valor en la función (S) de 0.31, al superar a la técnica manual (0.23) y a la técnica mecanizada (0.19). Esto sugiere que la estrategia combinada logra integrar las ventajas de cada método, al permitir un mayor control en la instrumentación de conductos con anatomías complejas y, a la vez, al aprovechar la eficiencia y rapidez que ofrecen los sistemas mecanizados.

En contraste, cuando se aplican de forma aislada, la técnica manual sufre de mayor variabilidad en la obtención de resultados debido a la dependencia de la destreza del operador. En cambio, la técnica mecanizada, aunque rápida y precisa, tiende a presentar limitaciones en la adaptación a conductos altamente irregulares o curvados, al reducir su desempeño global.

En consecuencia, la combinación de técnicas se posiciona como la opción más efectiva, ya que optimiza tanto la precisión como la consistencia del procedimiento, al minimizar los riesgos y al reducir el tiempo de tratamiento. Por ello, se recomienda considerar este manejo integral en la práctica clínica, debido que presenta un desempeño superior en comparación con el uso exclusivo de técnicas manuales o mecanizadas.

4 Discusión

Los resultados del estudio han permitido evaluar la eficacia de las técnicas manuales frente a las mecanizadas en la eliminación de bacterias en los sistemas de conductos radiculares [14-23]. De hecho, se identificaron las ventajas y limitaciones de las técnicas manuales en cuanto a la remoción de bacterias y restos de tejido pulpar, así como en la conformación del sistema de conductos. Así mismo, se observó que las técnicas mecanizadas, en comparación con las manuales, requirieron menos tiempo para la conformación de los conductos, al mejorar la eficiencia del procedimiento. Por otro lado, se la revisión de la literatura académica se observó que las limas K, fabricadas en acero inoxidable, presentaron una mayor capacidad de corte en relación con las limas de titanio y níquel-titanio, al resultar en tiempos de trabajo más cortos [15] [16-24].

Además, se observó en las fuentes bibliográficas que el sistema Mtwo® de instrumentación mecánica demostró ser efectivo en la eliminación de bacterias, aunque se recomendó investigar para confirmar las ventajas y limitaciones de estos sistemas mecanizados [16]. En cuanto a la comparación entre la instrumentación manual y mecanizada, diversos estudios evidenciaron que ambos sistemas lograron niveles similares de limpieza y desinfección, aunque los sistemas mecanizados de níquel-titanio (NiTi) redujeron el tiempo de trabajo sin afectar la eficacia en la eliminación bacteriana [17, 25].

Por otro lado, los resultados de implementar Multineutrosophic SuperHyperSoft han destacado que la combinación de técnicas mejora la precisión y consistencia del tratamiento endodóntico, al integrar la flexibilidad de las limas manuales y la eficiencia de los sistemas mecanizados. Esta sinergia favorece la adaptación a conductos curvos y agiliza el procedimiento en anatomías simples. De hecho, esta estrategia combinada no solo optimiza el control operatorio, sino que también minimiza los errores técnicos, al favorecer el éxito del tratamiento [18]. Por tanto, se recomienda implementar esta combinación en la práctica odontológica para mejorar la seguridad y eficacia en la preparación de conductos radiculares. Además, se ha sugerido continuar con la investigación sobre la adaptación de los sistemas mecanizados a conductos de anatomía más compleja, así como el desarrollo de materiales más duraderos y precisos.

5 Conclusión

La elección entre técnicas manuales y mecanizadas en endodoncia se ha basado en las necesidades clínicas de cada paciente y las características específicas de los conductos radiculares. La técnica mecanizada ha demostrado ser eficaz al reducir significativamente el tiempo de trabajo, al mismo tiempo que mejora la morfología del conducto radicular. Por otro lado, la técnica manual proporciona un mayor control durante la conformación de conductos con anatomías complejas. Sin embargo, este proceso suele ser más prolongado, ya que requiere un mayor número de limas, al aumentar el tiempo total de tratamiento.

La integración de ambas técnicas ha sido identificada como la opción más eficaz, al lograr un equilibrio entre precisión y eficiencia. En este sentido, la modelación Neutrosophic SuperHyperSoft Sets ha facilitado una evaluación de las ventajas y limitaciones de cada técnica, al destacar que la combinación de ambas optimiza los resultados

clínicos, minimiza los riesgos y mejora la seguridad general del tratamiento endodóntico. De hecho, ha proporcionado nuevas perspectivas sobre la aplicación de las técnicas de instrumentación, al abrir posibles vías para futuras investigaciones y avances en el campo. Además, se ha sugerido la investigación sobre la adaptación de sistemas mecanizados a conductos con anatomía compleja, así como el desarrollo de materiales más duraderos y precisos.

Referencias

[1] S. Nelson *et al.*, "Multilevel Interventions and Dental Attendance in Pediatric Primary Care: A Cluster Randomized Clinical Trial," *JAMA Network Open,* vol. 7, no. 7, p. e2418217, 2024. [Online]. Available: https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2820900.

[2] G. R. Freitas, T. M. Ribeiro, F. S. G. Vilella, and T. A. F. de Melo, "Influence of endodontic cavity access on curved root canal preparation with ProDesign Logic rotary instruments," *Clinical Oral Investigations,* vol. 25, no. June pp. 469-475, 2021. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-020-03390-6.

[3] E. Farah, "Evolution of Endodontics: Innovations in Instrumentation, Irrigation and Filling," *SCT Proceedings in Interdisciplinary Insights and Innovations,* vol. 3, no. January, p. 417, 2025. [Online]. Available: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9968811.

[4] F. Campbell, J. Cunliffe, and J. Darcey, "Current technology in endodontic instrumentation: advances in metallurgy and manufacture," *British Dental Journal,* vol. 231, no. July pp. 49-57, 2021. [Online]. Available: https://www.nature.com/articles/s41415-021-3170-1.

[5] H. A. Ibrahim, A. H. Ali, and F. Mannocci, "Assessment of Debris Apical Extrusion, Unprepared Surface Areas, and Dentinal Crack Formation after Root Canal Preparation Using ProTaper Next, ProTaper Ultimate, and R-Motion File Systems," *Journal of Endodontics,* vol. 51, no. 2, pp. 200-206, 2025/02/01/ 2025. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0099239924006071.

[6] N. Kurbanova, "MODERN METHODS AND ADVANTAGES OF INSTRUMENTAL TREATMENT OF ROOT CANALS OF TEETH," *Modern Science and Research,* vol. 4, no. 2, pp. 456-463, 2025. [Online]. Available: https://inlibrary.uz/index.php/science-research/article/view/65634.

[7] S. Asgary, "Bio-obturation: A Novel Approach in Root Canal Treatment Using Endodontic Biomaterials," *Iranian Endodontic Journal,* vol. 20, no. February, p. e15, 2025. [Online]. Available: https://journals.sbmu.ac.ir/iej/article/view/47630.

[8] Y. Chang *et al.*, "Risk factors associated with the survival of endodontically treated teeth: A retrospective chart review," *The Journal of the American Dental Association,* vol. 155, no. 1, pp. 39-47, 2024/01/01/ 2024. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002817723006232.

[9] F. Smarandache, "Soft set product extended to hypersoft set and indetermsoft set cartesian product extended to indetermhypersoft set," *Journal of fuzzy extension and applications,* vol. 3, no. 4, pp. 313-316, 2022. [Online]. Available: https://www.journal-fea.com/article_157982.html.

[10] F. Smarandache, "Foundation of the SuperHyperSoft Set and the Fuzzy Extension SuperHyperSoft Set: A New Vision," *Neutrosophic Systems with Applications,* vol. 11, no. November, pp. 48-51, 2023. [Online]. Available: https://sciencesforce.com/index.php/nswa/article/view/172.

[11] E. González Caballero, M. Leyva Vázquez, and F. Smarandache, "On neutrosophic uninorms," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 45, no. 2021, pp. 340-348, 2021. [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol45/iss1/22.

[12] S. Dhouib, "Optimization of travelling salesman problem on single valued triangular neutrosophic number using dhouib-matrix-TSP1 heuristic," *International Journal of Engineering,* vol. 34, no. 12, pp. 2642-2647, 2021. [Online]. Available: https://www.ije.ir/article_137445.html.

[13] T. A. Al-Tamimi, L. A. Al-Swidi, and A. H. Al-Obaidi, "New Concepts in Partner Multineutrosophic Topological Space," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 24, no. 3, p. 172, 2024. [Online]. Available: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A1%3A16610129/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A180913659&crl=c&link_origin=scholar.google.es.

[14] A. Ginjeira, A. O. Baruwa, and K. Baumotte, "Evaluation and Comparison of Manual and Mechanical Endodontic Instrumentation Completed by Undergraduate Dental Students on Endodontic Blocks," *Dentistry Journal,* vol. 12, no. 11, p. 363, 2024. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2304-6767/12/11/363.

[15] S. K. Kumar, M. Kumar, N. Sharma, P. Arora, M. Bhatt, and S. Akkanapally, "Comparative Evaluation of the Efficacy of Different Ni-Ti Rotary Instruments in Removal of Gutta-Percha During Root Canal Retreatment: An in vitro Study," *Journal of Advanced Oral Research,* vol. 15, no. 1, pp. 39-46, 2024. [Online]. Available: https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/23202068231220446.

[16] Y. J. Kang, S. W. Kwak, J.-H. Ha, G. Gambarini, and H.-C. Kim, "Fracture resistances of heat-treated nickel-titanium files used for minimally invasive instrumentation," *BMC Oral Health,* vol. 25, no. 1, p. 126, 2025. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-025-05487-4.

[17] E. Nagy, N. Kotaki, M. Dudás, D. G. Gryschka, G. Braunitzer, and M. A. Antal, "Comparative analysis of nickel–titanium instrumentation systems for root canal anatomy preservation: an in vitro study," *Applied Sciences,* vol. 15, no. 1, p. 429, 2025. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2076-3417/15/1/429.

[18] F. C. Belmabrouk, Z. S. Metref, N. Bouziani, S. I. Gahlouz, and S. M. H. Tadja, "Comparative study between manual and mechanized endodontic desobturation," *International Dental Journal,* vol. 74, no. October pp. S309-S310, 2024/10/01/ 2024. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020653924005070.

[19] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[20] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[21] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[22] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[23] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[24] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[25] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 19, 2025

NCML
Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Optimización de las decisiones clínicas en el tratamiento de la periodontitis mediante el modelado de superconjuntos neutrosóficos

Optimization of clinical decisions in periodontitis treatment through Neutrosophic SuperHyperSoft Sets Modeling

Estefanía Alexandra Chávez Mestanza [1], José Luis Alcívar Rodríguez [2], Marcos Javier Loor Tobar [3], and Diego Paul Pichucho Simbaña [4]

[1]Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. us.estefaniacm04@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. josear19@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. marcoslt60@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. diegops74@uniandes.edu.ec

Resumen. Las enfermedades periodontales, como la periodontitis, requieren tratamientos efectivos para controlar la infección y mejorar la salud bucal. Por ello, esta investigación evaluó la efectividad de diferentes técnicas odontológicas mediante la modelación Neutrosophic SuperHyperSoft Sets, que facilitó la toma de decisiones según las fases de la enfermedad y los parámetros de cada método. Se encontró que la instrumentación manual es más eficaz para eliminar residuos en bolsas profundas, mientras que la instrumentación ultrasónica destaca por su rapidez y capacidad para acceder a zonas complejas. De hecho, la combinación de ambas técnicas resultó ser la más efectiva en fases iniciales y moderadas. Además, se identificó que tratamientos complementarios como láser, nanopartículas metálicas y probióticos también contribuyen al control de la periodontitis. En conclusión, la modelación basada en Neutrosophic SuperHyperSoft Sets permitió una selección precisa de las técnicas, al optimizar las decisiones clínicas para el tratamiento de la enfermedad periodontal.

Palabras Claves: Enfermedades periodontales, tratamientos odontológicos, neutrosofía, superhypersoft sets.

Abstract. Periodontal diseases, such as periodontitis, require effective treatments to control infection and improve oral health. Therefore, this study evaluated the effectiveness of different dental techniques using Neutrosophic SuperHyperSoft Sets modeling, which facilitated decision-making based on the stages of the disease and the parameters of each method. It was found that manual instrumentation is more effective in eliminating debris in deep pockets, while ultrasonic instrumentation stands out for its speed and ability to access complex areas. In fact, the combination of both techniques proved to be the most effective in the early and moderate stages. Additionally, complementary treatments such as laser therapy, metallic nanoparticles, and probiotics were identified as contributing factors in controlling periodontitis. In conclusion, the modeling based on Neutrosophic SuperHyperSoft Sets allowed for a precise selection of techniques, optimizing clinical decisions for the treatment of periodontal disease.

Keywords: Periodontal diseases, dental treatments, neutrosophic, superhypersoft sets.

1 Introducción

La gingivitis es una de las enfermedades periodontales más comunes, caracterizada por el enrojecimiento, sangrado, edema y alteraciones en el contorno y consistencia de los tejidos gingivales [1]. Su principal factor desencadenante es la deficiente higiene oral, que favorece la acumulación de placa bacteriana y cálculos dentales. Este proceso se convierte en un problema grave si no se trata a tiempo, debido que la placa bacteriana está directamente relacionada con la pérdida de inserción clínica.

Si no se realiza un tratamiento oportuno, la gingivitis progresa hacia una enfermedad periodontal más compleja, como la periodontitis [2]. Esta última es una enfermedad inflamatoria crónica, multifactorial, asociada a biopelículas de placa simbiótica, que se caracteriza por la destrucción progresiva del aparato de soporte del diente, lo que eventualmente conlleva a la pérdida dental [3] [4-20].

El tratamiento para los problemas periodontales incluye técnicas de desbridamiento, las cuales pueden realizarse mediante el uso de instrumentos manuales o ultrasónicos [5-21]. Entre los instrumentos manuales más utilizados se encuentran las curetas dentales, las cuales permiten acceder a la anatomía subgingival para remover los depósitos de cálculos residuales, alisar las superficies radiculares y realizar curetajes de tejidos blandos [6]. Las curetas son especialmente eficaces en superficies dentarias tanto supragingivales como subgingivales, aunque su eficacia disminuye en el tratamiento de bolsas profundas [7] [8-22].

Por otro lado, la instrumentación ultrasónica utiliza un campo magnético alterno que induce vibraciones en una punta de trabajo, la cual se refrigera mediante agua [9]. Esta tecnología presenta varias ventajas, como su facilidad de uso, alta eficacia y rapidez en el procedimiento [10-23]. Además, la instrumentación ultrasónica elimina la necesidad de afilar los instrumentos manuales y permite un acceso más efectivo a zonas difíciles de alcanzar [11].

Además de los métodos convencionales, existen varias técnicas complementarias que han demostrado ser efectivas en el tratamiento periodontal [12-24]. Entre ellas, se encuentra, el pulido con aire, al utilizar polvos abrasivos suaves como la glicina y el eritritol, que permite extender la limpieza supragingival hacia áreas subgingivales, destacándose por su rapidez y seguridad. Por otro lado, las terapias con láser, como el láser Er:YAG, son eficaces para la reducción de patógenos y la eliminación de tejido infectado, con mínima invasividad en los tejidos duros y blandos [13] [14-25]. Asimismo, las nanopartículas antibacterianas, especialmente las metálicas, ofrecen una potente acción antimicrobiana al atacar directamente el ADN bacteriano, al favorecer la regeneración del tejido periodontal [15]. Finalmente, los probióticos orales, en particular las cepas de Lactobacillus, se han integrado en tratamientos no quirúrgicos, al contribuir al equilibrio microbiano y al mejorar los resultados clínicos, así como la reducción de la inflamación y la formación de placas [16-26]. Estas técnicas, combinadas con las tradicionales, enriquecen las opciones terapéuticas disponibles para el manejo de la periodontitis.

Por tanto, en función de lo antes mencionado, la presente investigación tiene como objetivo evaluar cuál de estos métodos de tratamiento es más efectivo en la práctica odontológica, a partir de la recopilación de información de la literatura académica entre el 2019 al 2023 sobre el tema. Como complemento, se incorpora la modelación Neutrosophic SuperHyperSoft Sets, que facilita la integración de múltiples atributos, para optimizar la toma de decisiones según las fases de la enfermedad y los parámetros de medición para cada técnica o método en el tratamiento de esta afección.

2. Precedentes y bases de la neutrosofía

2.1. Neutrosophic SuperHyperSoft Sets

This section serves the purpose of remembering the basic notions of Fuzzy Extension SuperHyperSoft Sets and neutrosophic theory.

Definition 1. Given U is the initial universe set and E is the set of parameters. A pair (F, E) is called a *soft set* (over U) if and only if F is a mapping of E into the set of all subsets of U.

That is to say, having a set E of parameters and fixing a parameter $\varepsilon \in \mathrm{E}$, then $\mathrm{F}(\varepsilon) \in \mathcal{P}(\mathrm{U})$, where $\mathcal{P}(\mathrm{U})$ denotes the power set of U and $\mathrm{F}(\varepsilon)$ is considered the set of ε-elements of the Soft Set (F, E) or the set of ε-approximate elements of the Soft Set [17].

It is not difficult to realize that fuzzy sets are soft sets, this is a consequence of the α-levels definition of a membership function μ_{A} where we have the following:

$\mathrm{F}(\alpha) = \{x \in \mathrm{U} \mid \mu_{\mathrm{A}}(x) \geq \alpha\}$, $\alpha \in [0, 1]$. Thus, if we know the family F, then we can reconstruct the function μ_{A} by using the following formula:

$$\mu_A(x) = \sup_{\substack{\alpha \in [0,1] \\ x \in F(\alpha)}} \alpha$$

Thus, a fuzzy set is a $(\mathrm{F}, [0, 1])$ soft set.

Given a binary operation * for subsets of the set U, where (F, A) and (G, B) are soft sets over U. Then, the operation * for soft sets is defined as follows:

$(\mathrm{F}, \mathrm{A}) * (\mathrm{G}, \mathrm{B}) = (\mathrm{J}, \mathrm{A} \times \mathrm{B})$, where $\mathrm{J}(\alpha, \beta) = \mathrm{F}(\alpha) * \mathrm{G}(\beta)$; $\alpha \in \mathrm{A}$, $\beta \in \mathrm{B}$, and $\mathrm{A} \times \mathrm{B}$ is the Cartesian product of the sets A and B.

Definition 2. Let U be a universe set, $\mathcal{P}(\mathrm{U})$ the power set of U. Let $a_1, a_2, \ldots, a_n$, for $n \geq 1$, be n distinct attributes, whose corresponding attribute values are respectively the sets $A_1, A_2, \ldots, A_n$, with $A_i \cap A_j = \emptyset$, for

$i \neq j$, and $i, j \in \{1, 2, \ldots, n\}$. Then the pair $(F, A_1 \times A_2 \times \ldots \times A_n)$, where: $F: A_1 \times A_2 \times \ldots \times A_n \rightarrow \mathcal{P}(\mathrm{U})$ is called a *HyperSoft Set* over U.

Definition 3. Let U be a universe set, $\mathcal{P}(\mathrm{U})$ the power set of U. Let $a_1, a_2, \ldots, a_n$, for $n \geq 1$, be n distinct attributes, whose corresponding attribute values are respectively the sets $A_1, A_2, \ldots, A_n$, with $A_i \cap A_j = \emptyset$, for $i \neq j$, and $i, j \in \{1, 2, \ldots, n\}$. Then the pair $\big(F, \mathcal{P}(A_1) \times \mathcal{P}(A_2) \times \ldots \times \mathcal{P}(A_n)\big)$, where:

$F: \mathcal{P}(A_1) \times \mathcal{P}(A_2) \times \ldots \times \mathcal{P}(A_n) \rightarrow \mathcal{P}(\mathrm{U})$ is called a *SuperHyperSoft Set* over U.

Definition 4. Let U be a universe set, $\mathcal{P}(\mathrm{U})$ the power set of U. Let $a_1, a_2, \ldots, a_n$, for $n \geq 1$, be n distinct attributes, whose corresponding attribute values are respectively the sets $A_1, A_2, \ldots, A_n$, with $A_i \cap A_j = \emptyset$, for $i \neq j$, and $i, j \in \{1, 2, \ldots, n\}$. Then the pair $\big(F, \mathcal{P}(A_1) \times \mathcal{P}(A_2) \times \ldots \times \mathcal{P}(A_n)\big)$, where:

$F: \mathcal{P}(A_1) \times \mathcal{P}(A_2) \times \ldots \times \mathcal{P}(A_n) \rightarrow \mathcal{P}\left(\mathrm{U}\big(x(d^0)\big)\right)$ is called a *Fuzzy_Extension SuperHyperSoft Set* over U.

Where $x(d^0)$ is the fuzzy or any fuzzy extension degree of appurtenance of the element x to the set U. Fuzzy extension means Fuzzy Set or Intuitionistic Fuzzy Set, Pythagorean Fuzzy Set, Fermatean Fuzzy Set, Neutrosophic Fuzzy Set, Plithogenic Fuzzy Set, etc [18].

Before concluding, let us recall some fundamental definitions of neutrosophic sets:

Definition 5. The *Neutrosophic set N* is characterized by three membership functions, which are the truth-membership function T_A, indeterminacy-membership function I_A, and falsity-membership function F_A, where U is the Universe of Discourse and $\forall x \in U$, $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \subseteq]^{-}0, 1^{+}[$, and $^{-}0 \leq \inf T_A(x) + \inf I_A(x) + \inf F_A(x) \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \leq 3^{+}$ [19].

See that according to the definition, $T_A(x), I_A(x)$, and $F_A(x)$ are real standard or non-standard subsets of $]^{-}0, 1^{+}[$ and hence, $T_A(x), I_A(x)$ and $F_A(x)$ can be sub-intervals of $[0, 1]$. $^{-}0$ and 1^{+} belong to the set of hyperreal numbers.

Definition 6. The *Single-Valued Neutrosophic Set* (SVNS) A over U is $A = \{< x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) > : x \in U\}$, where $T_A: U \rightarrow [0, 1]$, $I_A: U \rightarrow [0, 1]$ and $F_A: U \rightarrow [0, 1]$. $0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$.

Los CNVU surgieron con la idea de aplicar los conjuntos neutrosóficos con fines prácticos. Algunas operaciones entre NNVU se expresan a continuación:

Dados A1 = (a1, b1, c1) y A2 = (a2, b2, c2) dos NNVU se tiene que la suma entre A1 y A2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1 + a_2 - a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2) \tag{1}$$

Dados A1 = (a1, b1, c1) y A2 = (a2, b2, c2) dos NNVU se tiene que la multiplicación entre A1 y A2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1 a_2, b_1 + b_2 - b_1 b_2, c_1 + c_2 - c_1 c_2) \tag{2}$$

El producto por un escalar positivo con un NNVU, A = (a, b, c) se define por:

$$A = (1 - (1 - a), b, c) \tag{3}$$

The *Single-Valued Neutrosophic Number* (SVNN) is symbolized by $N = (t, i, f)$, such that $0 \leq t, i, f \leq 1$ and $0 \leq t + i + f \leq 3$.

2.2. Término lingüístico usado para cada atributo o parámetro.

Para la evaluación de cada atributo o parámetro asociado se propone un término lingüístico para definir estados de los elementos dentro del conjunto neutrosófico de valor único (NNVU). El decisor es capaz de dar, para cada uno de los criterios considerados y para cada tratamiento un valor dentro del conjunto neutrosófico de elección (ver tabla 1).

Tabla 1: Relación entre rangos de medición y las escalas neutrosóficas. Fuente: Elaboración propia.

Atributos (a_i) / tratamientos	**NNVU**	**Atributos (b_i)**
Muy importante (MI)	(0.94,0,0)	Extremadamente alto (EA)
	(0.84,0.06,0.12)	Muy muy alto (MMA)
Importante (I)	(0.74,0.16,0.22)	Muy alto (MA)
	(0.64,0.26,0.32)	Alto (A)
Media (M)	(0.54,0.36,0.42)	Medianamente moderad (MM)o
	(0.44,0.46,0.52)	Moderado (M)
	(0.34,0.56,0.62)	Medianamente bajo (MeB)

Atributos (a_i) / tratamientos	NNVU	Atributos (b_i)
No importante (NI)	(0.24,0.66,0.72)	Bajo (B)
	(0.14,0.76,0.82)	Muy bajo (MB)
Muy no importante (MNI)	(0.04,0.86,0.92)	Muy muy bajo (MMB)
	(0,0.96,1)	Extremadamente bajo (EB)

3. Periodontitis.

3.1 Revisión de la literatura.

Para el desarrollo del estudio, se revisaron y clasificaron cada uno de los documentos obtenidos, al seleccionar aquellos que contenían información relevante sobre el uso de instrumentación manual y ultrasónica, así como de otras técnicas complementarias, con datos concluyentes relacionados con el tratamiento de la gingivitis y la periodontitis. Este proceso de selección incluyó 15 artículos científicos, revisiones bibliográficas y casos clínicos, al garantizar que los documentos seleccionados estuvieran estrechamente relacionados con el tema de estudio (ver tabla 2).

Tabla 2: Revisión de la literatura referente a la gingivitis y periodontitis. Fuente: Elaboración propia.

País	Año	Autor	Titulo	Revista
Londres	2019	Suvan, Jeanie; Leira, Yago Leira; Moreno Sancho, Federico Manuel; Graziani, Filippo; Derks, Jan; Tomasi, cristiano;	Subgingival instrumentation for treatment of periodontitis. A systematic review	Wiley Online Library
Australia	2019	Baliga, Vidya; Baliga, Sudhindra; Sharma, Varsha; Oza, Ranu; Balsara, Khushbu; Multani, Priyanka	Comparing the effectiveness of ultrasonic instruments over the manual instruments for scaling and root planing in improving the periodontal parameters in patients with chronic periodontitis: a systematic review protocol	ResearchGate Logo
Brasil	2020	Gomes Muniz Francisco Wilker Mustafa, Gerson Pedro José Langa, Pereira Pimente Roberto, Martins João Roig, Haubman Pereira Daniela, Cassiano Kuchenbecker Rösing	Comparison Between Hand and Sonic/ Ultrasonic Instruments for Periodontal Treatment: Systematic Review with Meta-A|nalysis	BMC Oral Health
China	2020	Xin Zhang, Zixuan Hu, Xuesong Zhu, Wenjie Li, Jun Chen	Treating periodontitis-a systematic review and meta-analysis comparing ultrasonic and manual subgingival scaling at different probing pocket depths	BMC Oral Health
Brazil	2020	Pimentel de Oliveira Roberta, Melo Alencarb de Cristie, Alves Silva Fábio, Baraúna Magno Marcela, Cople Maia Lucianne, Martins Silva Cecy	Effect of desensitizing agents on dentin hypersensitivity after non-surgical periodontal therapy: A systematic review and meta-analysis	Elsevier
Dinamarca	2020	Nascimento, Gustavo G.; Leite, Fabio R. M.; Camargos Pennisi, Pedro Rogério; Rodrigo López; Paranhos , Luiz Renato	Use of air polishing for supra- and subgingival biofilm removal for treatment of residual periodontal pockets and supportive periodontal care: a systematic review	SpringerLink
Suecia	2020	Lin, Zhikai; Strauss, Franz J.; Lang, Niklaus P.; Sculean, Anton; Salvi E, Giovanni.; Stähli, Alexandra	Efficacy of laser monotherapy or non-surgical mechanical instrumentation in the management of untreated periodontitis patients. A systematic review and meta-analysis	SpringerLink
India	2021	Ebarghya Pal, Farha Nasim, Himadri Chakrabarty, Abhijit Chakraborty	Non-Surgical Periodontal Therapy: An evidence-based perspective	The Journal of Dental Panacea
China	2021	Zhu M, Zhao M, Hu B, Wang Y, Li Y, Song J.	Efficacy of glycine powder air-polishing in supportive periodontal therapy: a systematic review and meta-analysis	PubMed
Kuwait	2021	Hilal Ahmad Shah, Abdul Aziz Khalid Al-Qabandi, Amani Haikal	Non-Surgical Periodontal Therapy in treatment of Periodontal Disease: A Brief Review	MAR Dental Sciences

País	Año	Autor	Titulo	Revista
India	2022	Ranu R. Oza, Varsha Sharma, Priyanka Multani, Khushbu Balsara, Pavan Bajaj, Prasad Dhadse	Comparing the Effectiveness of Ultrasonic Instruments Over Manual Instruments for Scaling and Root Planing in Patients with Chronic Periodontitis: A Systematic Review and MetaAnalysis	Sharad Pawar Dental College and Hospita
Pakistan	2022	Muhammad Hamza Shaikh, Syed Ibrar Hussain Humayun, Muhammad Nadeem, Nuvaira Ijaz, Maria Tanveer, Nabeela Tariq	Full mouth scaling and using local adjunctives, Comparing the outcomes: a systematic review	Pakistan Oral & Dental Journal
México	2023	Garcia Pulido Paula, Elizondo Cantu Omar, I Rodríguez Norma Franco dalia, Rodríguez Pulido Jesús Israel, Martínez Gonzále	The use of oral probiotics in non-surgical periodontal therapy: Literature Review	International Journal of Applied Dental sciences
Iran	2023	Gustavo Israel z, Cruz Palma Guillermo, Martínez Sandoval Gloria Nasiri Kamyar, Masoumi Seyed Mohammadreza, Amini Sara, Goudarzi Mina, Tafreshi Seyed Mobin, Abbas Bagheri, Saman Yasamineh , Mariem Alwan, Churampi Arellano Meryelem Tania & Gholizadeh Omid	Recent advances in metal nanoparticles to treat periodontitis	Springer link
Suecia	2023	Tomasi, Cristiano; Abrahamsson, Kajsa H; Apatzidou, Danae	Subgingival instrumentation	Wiley, online library

3.2 Análisis terapéuticos y consideraciones clínicas

La periodontitis es una enfermedad infecciosa multifactorial que se caracteriza por la inflamación y destrucción progresiva de los tejidos que sostienen los dientes, como el ligamento periodontal y el hueso alveolar. Aunque inicialmente se consideró que la actividad bacteriana era el principal factor desencadenante, estudios recientes han evidenciado que la respuesta inmune inflamatoria del huésped desempeña un papel determinante en el desarrollo y progresión de esta patología.

El principal signo clínico de la periodontitis es la formación de bolsas periodontales, resultado de la pérdida de soporte del tejido periodontal. A nivel radiográfico, se observa una pérdida significativa del hueso alveolar, al conducir, en casos avanzados, a la pérdida dentaria. Esta enfermedad se considera una de las principales causas de pérdida dental en adultos.

El tratamiento de la periodontitis se centra en la eliminación de depósitos mineralizados y biopelícula dental mediante procedimientos de raspado y alisado radicular. Las investigaciones han demostrado que este tratamiento no quirúrgico contribuye significativamente a mejorar los índices clínicos y microbiológicos en personas con periodontitis. De hecho, el tratamiento aplicado se debe enfocar en controlar la infección mediante la reducción de la carga bacteriana.

3.2.1 Estrategias terapéuticas

El manejo de la periodontitis se fundamenta en la reducción del biofilm microbiano tanto supragingival como subgingival, además de brindar al paciente orientación sobre prácticas de higiene bucal y control de factores de riesgo. El raspado subgingival ha demostrado ser una terapia periodontal no quirúrgica eficaz, aunque no existe un protocolo universalmente aceptado para seleccionar una técnica específica en función del caso clínico.

Las principales técnicas empleadas en el tratamiento periodontal incluyen el desbridamiento, el raspado y el alisado radicular. El desbridamiento consiste en la eliminación de la película microbiana muerta; el raspado se enfoca en la eliminación de depósitos mineralizados de sarro, y el alisado radicular implica la remoción de cemento y dentina contaminada. Estas técnicas se realizan mediante instrumentación manual como con dispositivos ultrasónicos. Entre ellas, se observan:

- Instrumentación manual: La instrumentación manual es una técnica tradicional ampliamente utilizada en el tratamiento periodontal. Para la limpieza supragingival y subgingival se emplean instrumentos específicos como curetas, azadas y raspadores. Esta técnica forma parte del tratamiento no quirúrgico

estándar, al ser el "raspado y alisado radicular" una de las principales intervenciones. Si bien esta técnica resulta eficaz por sí sola, su efectividad se optimiza al combinarse con otros métodos.

- Instrumentación ultrasónica: La instrumentación ultrasónica se ha convertido en una alternativa eficaz para el tratamiento periodontal, especialmente tras los avances tecnológicos en este ámbito. Los escaladores ultrasónicos convierten la corriente eléctrica en energía mecánica, al generar vibraciones de alta frecuencia en la punta del instrumento. Es fundamental controlar periódicamente el estado de la punta, ya que su desgaste afecta el rendimiento del tratamiento.
  Se ha observado que la instrumentación ultrasónica proporciona resultados clínicos similares a los obtenidos mediante técnicas manuales en pacientes con periodontitis avanzada. Entre sus ventajas destaca la reducción del tiempo requerido para el procedimiento y su diseño ergonómico, que facilita su aplicación.
- Pulido con aire: El pulido con aire es un procedimiento eficaz para la limpieza supragingival, ya que requiere menos tiempo que otros métodos de pulido convencionales. El uso de polvos poco abrasivos como la glicina y el eritritol, junto con boquillas diseñadas para la instrumentación subgingival, ha permitido extender su aplicación a esta zona.
  El eritritol, en particular, ha demostrado ser un compuesto seguro debido a su carácter no cariogénico y a su sabor agradable. Esta sustancia no causa daños en los tejidos blandos ni en las estructuras dentarias, lo que lo convierte en una alternativa atractiva para el control del biofilm periodontal.
- Terapias con láser: El uso de láseres en odontología ha ganado relevancia por sus múltiples aplicaciones en el tratamiento periodontal. Estas tecnologías se emplean tanto en procedimientos no quirúrgicos (como la reducción de patógenos y la eliminación de acumulaciones superficiales), como en intervenciones quirúrgicas sobre tejidos blandos y estructuras óseas.
  El láser Er:YAG se destaca por su alta absorción en tejidos blandos ricos en agua, lo que permite minimizar el daño en los tejidos duros. Esta propiedad, sumada a su precisión en la remoción de tejido infectado, lo convierte en una herramienta eficaz para la descontaminación periodontal y el manejo de lesiones avanzadas.
- Nanopartículas antibacterianas: Las nanopartículas metálicas se han posicionado como una alternativa prometedora en el tratamiento periodontal debido a su potente efecto antimicrobiano. Estas partículas actúan directamente sobre el ADN bacteriano y las proteínas celulares, al inhibir el crecimiento microbiano y favorer la reducción de la inflamación. Esta propiedad ha permitido el desarrollo de plataformas terapéuticas con efectos antiinflamatorios y antibacterianos eficaces.
- Probióticos orales: Los probióticos han demostrado ser una estrategia complementaria eficaz en el tratamiento periodontal, especialmente para controlar el desequilibrio microbiano asociado a la formación de placa dental. En particular, las cepas del género *Lactobacillus* se han utilizado como coadyuvantes en la terapia periodontal no quirúrgica. De hecho, se ha comprobado que la combinación de probióticos con terapia mecánica periodontal reduce los parámetros clínicos asociados a la periodontitis.

3.3. Modeling with Neutrosophic SuperHyperSoft Sets. Selección del tratamiento óptimo.

Cada uno de estos tratamientos analizados en la revisión de la literatura presenta sus aplicaciones específicas según la gravedad de la enfermedad periodontal y la respuesta del paciente. Los profesionales de la odontología seleccionan el más adecuado según las necesidades y el estado clínico del paciente. No obstante, se deben tener presentes otros elementos a tener en cuenta, como por ejemplo los factores económicos, el tipo de procedimiento, los riesgos y complicaciones que inciden en la selección de un tratamiento optimo.

Para ello, se incorporó la modelación del Neutrosophic SuperHyperSoft Sets que constituye una herramienta que permite integrar las múltiples relaciones asociadas entre los atributos del estudio, así como los grados de pertenencia neutrosófico en la evaluación de cada tratamiento con sus pares identificados. De hecho, cada fase de la periodontitis requiere un procedimiento diferente en su tratamiento, desde la higiene oral básica en la gingivitis hasta intervenciones más avanzadas y quirúrgicas en las etapas posteriores (ver tabla 3).

Tabla 3: Fase de la enfermedad. Fuente: Elaboración propia.

a_i	Atributo	Subatributo	Descripción
a_1	Gingivitis	-	Etapa inicial de la enfermedad periodontal, caracterizada por inflamación de las encías sin pérdida de hueso o inserción. La causa principal es la acumulación de placa bacteriana. Los síntomas incluyen enrojecimiento, hinchazón y sangrado al cepillarse.
a_2	Periodontitis	Leve	En esta fase, la infección ha avanzado más allá de las encías, al afectar a las fibras de soporte del diente y comenzar a destruir el hueso alveolar. La pérdida de inserción es menor (menos del 3 mm). Los síntomas pueden incluir mal aliento, encías retraídas y dientes flojos.
		Moderada	La destrucción del hueso es más pronunciada, con una pérdida de inserción de entre 3 mm y 5 mm, en donde la movilidad de los dientes es más evidente.
		Avanzada	La pérdida ósea es severa, con pérdida de inserción mayor a 5 mm, en donde los dientes pueden moverse significativamente o incluso caerse. Se presenta una destrucción considerable de los tejidos de soporte, al conllevar a la pérdida de dientes.
a_3	Mantenimiento (Post-tratamiento)	-	Una vez que el tratamiento principal se ha completado, es fundamental mantener la salud periodontal y evitar la recidiva de la enfermedad. El tratamiento se centra en el mantenimiento y la prevención de la progresión de la enfermedad.

En la tabla 3 se identificaron cada fase del conjunto A_i con $i \in \{1,2,3\}$ en correspondencia para cada a_i. Una vez definido cada elemento, se procede a seleccionar las técnicas o métodos a desarrollar, según los conjuntos que se definen como tratamientos a evaluar en el estudio. A continuación, en la tabla 4 se proponen los siguientes tratamientos (L_i, donde $i \in \{1,2,\dots,9\}$).

Tabla 4: Técnica o método identificados para tratar las fases de la enfermedad. Fuente: Elaboración propia.

l_i	Técnica o método	Descripción
l_1	Raspado y alisado radicular (RPA)	Procedimiento mecánico que implica la eliminación de placa y cálculos de las superficies radiculares para reducir la inflamación y promover la curación.
l_2	Instrumentación ultrasónica	Uso de dispositivos ultrasónicos para eliminar depósitos subgingivales y bacterias. Además, la vibración mejora la limpieza y el acceso a las bolsas profundas.
l_3	Láser de Diode	Tratamiento con láser para eliminar tejido inflamado, desinfectar bolsas periodontales y estimular la regeneración de los tejidos.
l_4	Láser de Erbio	Láser de alta potencia usado para eliminar depósitos duros y blandos de las bolsas periodontales, con la ventaja de estimular la curación.
l_5	Nanopartículas antibacterianas	Utilización de partículas a nivel nanométrico de plata u oro para eliminar bacterias y reducir la carga microbiana en las bolsas periodontales.
l_6	Probióticos orales	Administración de cepas beneficiosas de bacterias, como Lactobacillus, para equilibrar el microbiota oral y reducir la inflamación.
l_7	Pulido con aire	Uso de partículas abrasivas de bicarbonato de sodio o glicina para eliminar biopelículas y restos subgingivales sin dañar las superficies radiculares.
l_8	Terapia quirúrgica (colgajo)	Procedimiento quirúrgico en el que se levantan las encías para eliminar depósitos y permitir una limpieza más profunda de las raíces.
l_9	Terapia fotodinámica (PDT)	Aplicación de un agente fotosensibilizante seguido de exposición a una luz láser para destruir las bacterias patógenas y reducir la inflamación.

Para determinar la mejor técnica o método, se procede a evaluar a partir de los siguientes atributos (b_i) o parámetros representados en la tabla 5. Cada técnica o método es evaluada por los b_i, que se encuentra compuesto por grupos de parámetros donde $i \in \{1,2,\dots 6\}$. Además, permite representar cada valor mediante una evaluación a través de un término lingüístico para uno o varios conjuntos, al determinar los grados de pertenencia neutrosófico (ver tabla 5).

Tabla 5: Atributos de medición para cada técnica o método. Fuente: Elaboración propia.

No.	Superatributo	Atributo	NNVU ($x(d^0)$)
b_1	Eficacia	Eficacia en reducción de la inflamación	(MNI, NI, M, I. MI)
		Eficacia en regeneración de tejido	
b_2	Factores económicos	Costo del tratamiento	
		Accesibilidad	
b_3	Tiempo de tratamiento	Duración del tratamiento	
		Frecuencia de sesiones	

No.	Superatributo	Atributo	NNVU ($x(d^0)$)
b_4	Tipo de procedimiento	No quirúrgico	
		Quirúrgico	
b_5	Riesgo y complicaciones	Posibilidad de efectos secundarios	
		Riesgo de recidiva	
b_6	Aceptación del paciente	Comodidad del paciente	
		Cumplimiento del paciente	

Cada grupo de atributo determinado forma un Neutrosophic SuperHyperSoft, que se encuentra formado por $(F, \mathcal{P}(A_1) \times \mathcal{P}(A_2))$, así como $(G, \mathcal{P}(B_1) \times \mathcal{P}(B_2) \times \ldots \times \mathcal{P}(B_4))$ De modo que ambas funciones devuelven $\mathcal{P}\left(\mathrm{L_n}\left(\mathrm{U}(x(d^0))\right)\right)$ neutrosófico para cada técnica o método identificados. Por tanto, se proponen el siguiente Neutrosophic SuperHyperSoft $(H, (\mathcal{P}(A_1) \times \mathcal{P}(A_2)) \times (\mathcal{P}(B_1) \times \mathcal{P}(B_2) \times \ldots \times \mathcal{P}(B_4)))$, así como un nuevo grado de pertenencia neutrosófico $x(d^0)$, obtenido de la intersección de los atributos $(a_i \cap b_i)$. A continuación, se proponen la siguiente función para evaluar cada tratamiento según los parámetros a_i y b_i (ver tabla 6 y 7):

- $F: (a_i \cap b_i) = \{P_i\}, \left\{L_n\left(x_{a_i}(d^0)\right) \cap L_n\left(x_{b_i}(d^0)\right)\right\}$

Tabla 6: Imagen obtenida de cada elemento l_i del conjunto potencia a partir de los atributos b_i. Fuente: Elaboración propia.

Parámetros	Efectividad	Factores económicos		Tiempo de tratamiento	
		Costo del tratamiento	Accesibilidad	Duración del tratamiento	Frecuencia de sesiones
	b1	b2		b3	
l_1	(0.84,0.06,0.12)	(0.54,0.36,0.42)	(0.84,0.06,0.12)	(0.64,0.26,0.32)	(0.74,0.16,0.22)
l_2	(0.94,0,0)	(0.54,0.36,0.42)	(0.84,0.06,0.12)	(0.84,0.06,0.12)	(0.84,0.06,0.12)
l_3	(0.84,0.06,0.12)	(0.24,0.66,0.72)	(0.54,0.36,0.42)	(0.64,0.26,0.32)	(0.64,0.26,0.32)
l_4	(0.94,0,0)	(0.24,0.66,0.72)	(0.54,0.36,0.42)	(0.84,0.06,0.12)	(0.64,0.26,0.32)
l_5	(0.74,0.16,0.22)	(0.14,0.76,0.82)	(0.34,0.56,0.62)	(0.64,0.26,0.32)	(0.64,0.26,0.32)
l_6	(0.54,0.36,0.42)	(0.84,0.06,0.12)	(0.94,0,0)	(0.84,0.06,0.12)	(0.94,0,0)
l_7	(0.64,0.26,0.32)	(0.54,0.36,0.42)	(0.84,0.06,0.12)	(0.74,0.16,0.22)	(0.94,0,0)
l_8	(0.94,0,0)	(0.14,0.76,0.82)	(0.44,0.46,0.52)	(0.44,0.46,0.52)	(0.44,0.46,0.52)
l_9	(0.84,0.06,0.12)	(0.24,0.66,0.72)	(0.54,0.36,0.42)	(0.74,0.16,0.22)	(0.74,0.16,0.22)

Tabla 7: Imagen obtenida de cada elemento l_i del conjunto potencia a partir de los atributos b_i. (continuación). Fuente: Elaboración propia.

Parámetros	Tipo de procedimiento	Riesgo y complicaciones		Aceptación del paciente	
		Posibilidad de efectos secundarios	Riesgo de recidiva	Comodidad del paciente	Cumplimiento del paciente
	b4	b5		b6	
l_1	(0.84,0.06,0.12)	(0.74,0.16,0.22)	(0.74,0.16,0.22)	(0.84,0.06,0.12)	(0.84,0.06,0.12)
l_2	(0.84,0.06,0.12)	(0.74,0.16,0.22)	(0.74,0.16,0.22)	(0.84,0.06,0.12)	(0.84,0.06,0.12)
l_3	(0.84,0.06,0.12)	(0.74,0.16,0.22)	(0.54,0.36,0.42)	(0.74,0.16,0.22)	(0.74,0.16,0.22)
l_4	(0.84,0.06,0.12)	(0.74,0.16,0.22)	(0.54,0.36,0.42)	(0.74,0.16,0.22)	(0.74,0.16,0.22)
l_5	(0.84,0.06,0.12)	(0.64,0.26,0.32)	(0.74,0.16,0.22)	(0.64,0.26,0.32)	(0.64,0.26,0.32)
l_6	(0.84,0.06,0.12)	(0.74,0.16,0.22)	(0.74,0.16,0.22)	(0.84,0.06,0.12)	(0.74,0.16,0.22)
l_7	(0.84,0.06,0.12)	(0.74,0.16,0.22)	(0.74,0.16,0.22)	(0.84,0.06,0.12)	(0.84,0.06,0.12)
l_8	(0.24,0.66,0.72)	(0,0.96,1)	(0.14,0.76,0.82)	(0.24,0.66,0.72)	(0.34,0.56,0.62)
l_9	(0.84,0.06,0.12)	(0.74,0.16,0.22)	(0.54,0.36,0.42)	(0.74,0.16,0.22)	(0.74,0.16,0.22)

Los resultados obtenidos del conjunto potencia indican que las técnicas o métodos presentan un grado de importancia entre *medio* a *muy no importante* (ver tabla 8). Esto se debe a que cada técnica o método es evaluado por cada parámetro b_i independientemente de la fase de la enfermedad. De hecho, esta imagen resultante define que cada l_i tiene un impacto y un grado de importancia neutrosófica según las fases en que se implementen. Por tanto, se debe hallar la imagen del conjunto potencia identificado en la función $F: (a_i \cap b_i)$ (ver tabla 9).

Tabla 8: Grado de importancia neutrosófico de cada técnica o método (según la tabla 1). Fuente: Elaboración propia.

l_n / b_n	$G: (b_1, b_2, \ldots . b_n) \rightarrow P\left(l_n\left(x\left(d^0\right)\right)\right)$	Posición
l_1	(0.54,0.36,0.42)	M
l_2	(0.54,0.36,0.42)	M
l_3	(0.24,0.66,0.72)	NI
l_4	(0.24,0.66,0.72)	NI
l_5	(0.14,0.76,0.82)	NI
l_6	(0.54,0.36,0.42)	M
l_7	(0.54,0.36,0.42)	M
l_8	(0,0.96,1)	MNI
l_9	(0.24,0.66,0.72)	NI

Tabla 9: Imagen obtenida del conjunto potencia a partir de la función $F: (a_i \cap b_i)$. Fuente: Elaboración propia.

Tratamientos	a_1		a_2		a_3
$G: (b_1, b_2, \ldots . b_n)$	Gingivitis	Periodontitis leve	Periodontitis moderada	Periodontitis avanzada	Mantenimiento (post-tratamiento)
l_1	(0.74,0.16,0.22)	(0.84,0.06,0.12)	(0.74,0.16,0.22)	(0.24,0.66,0.72)	(0.14,0.76,0.82)
l_2	(0.64,0.26,0.32)	(0.74,0.16,0.22)	(0.44,0.46,0.52)	(0.14,0.76,0.82)	(0.84,0.06,0.12)
l_3	(0.14,0.76,0.82)	(0.14,0.76,0.82)	(0.34,0.56,0.62)	(0.64,0.26,0.32)	(0.14,0.76,0.82)
l_4	(0.14,0.76,0.82)	(0,0.96,1)	(0.24,0.66,0.72)	(0.54,0.36,0.42)	(0,0.96,1)
l_5	(0.34,0.56,0.62)	(0.34,0.56,0.62)	(0.44,0.46,0.52)	(0.14,0.76,0.82)	(0.34,0.56,0.62)
l_6	(0.44,0.46,0.52)	(0.44,0.46,0.52)	(0,0.96,1)	(0,0.96,1)	(0.54,0.36,0.42)
l_7	(0.34,0.56,0.62)	(0,0.96,1)	(0,0.96,1)	(0,0.96,1)	(0.44,0.46,0.52)
l_8	(0,0.96,1)	(0,0.96,1)	(0.64,0.26,0.32)	(0.94,0,0)	(0,0.96,1)
l_9	(0,0.96,1)	(0.54,0.36,0.42)	(0.54,0.36,0.42)	(0.44,0.46,0.52)	(0.24,0.66,0.72)

Análisis de los resultados: En la tabla 9 se observa que para cada fase de la enfermedad a_i y para cada parámetro b_i se ha obtenido un nivel de pertenencia para cada tratamiento del conjunto potencia resultante. Por ejemplo, el tratamiento raspado y alisado radicular (RPA) e instrumentación ultrasónica (l_1 y l_2), obtuvieron una clasificación neutrosófica de *importante* en el tratamiento de la Gingivitis. Así como de tratamientos complementario a los probióticos orales, de modo que determinan el par o conjunto alternativo $\{\{l_1, l_2\}, l_6\}$ en el tratamiento de esta fase. Por consiguiente, para optimizar el tratamiento de la enfermedad periodontal en cada fase, se proponen las siguientes combinaciones técnicas que tratan tanto la eliminación del agente causal como la regeneración y estabilización de los tejidos (ver tabla 10).

Tabla 10: Combinación de técnicas por fase para optimizar el tratamiento. Fuente: Elaboración propia.

Fase	Objetivo	Conjunto alternativo	Combinación recomendada	Justificación
Gingivitis	Eliminar la acumulación de placa bacteriana y controlar la inflamación.	$\{\{l_1, l_2\}, l_6\}$	▪ Raspado y Alisado Radicular (RPA) + Instrumentación Ultrasónica ▪ Probióticos orales como terapia coadyuvante para equilibrar el microbiota oral.	La combinación del RPA y la instrumentación ultrasónica asegura una limpieza de la placa bacteriana. Mientras que los probióticos refuerzan la defensa inmunológica bucal y reducen el riesgo de recidiva.
Periodontitis leve	Eliminar el biofilm subgingival y prevenir la progresión de la infección.	$\{\{l_1, l_2\}, l_9\}$	▪ Raspado y Alisado Radicular (RPA) + Instrumentación Ultrasónica ▪ Terapia Fotodinámica (PDT) para destruir bacterias resistentes.	La PDT complementa al RPA y la instrumentación ultrasónica, aumentando la eliminación bacteriana en zonas de difícil acceso y mejorando la cicatrización.
Periodontitis moderada	Reducir la destrucción ósea y favorecer la regeneración periodontal.	$\{\{l_1, l_9\}, l_8\}$	▪ Raspado y Alisado Radicular (RPA) + Terapia Fotodinámica (PDT) ▪ Injerto óseo en zonas con pérdida moderada de hueso.	Esta combinación permite controlar la infección activa y, simultáneamente, al regenerar el tejido óseo afectado.
Periodontitis avanzada	Restaurar los tejidos de soporte	$\{l_8, \{l_3, l_4\}\}$	▪ Terapia Quirúrgica (Colgajo Periodontal) +	La cirugía de colgajo expone las áreas dañadas para una limpieza efectiva,

Fase	Objetivo	Conjunto alternativo	Combinación recomendada	Justificación
	y prevenir la pérdida dental.		Láser de Diodo para desinfección profunda ▪ Regeneración Tisular Guiada (RTG) con membranas biocompatibles para fomentar la reparación de los tejidos.	mientras que el láser y la RTG facilitan la regeneración controlada de tejidos.
Mantenimiento (post-tratamiento)	Controlar la acumulación de placa y prevenir la recidiva.	$\{\{l_2, l_6\}, l_7\}$	▪ Instrumentación Ultrasónica + Probióticos Orales ▪ Pulido con aire para reducir la formación de biofilm.	Esta combinación garantiza una limpieza eficaz sin dañar los tejidos, mientras que los probióticos ayudan a mantener un equilibrio bacteriano saludable.

4. Discusión

El presente estudio comparó la eficacia de la instrumentación ultrasónica y manual en el tratamiento de la periodontitis, al evidenciar sus respectivas ventajas y limitaciones. Se observó que el raspado y alisado radicular (RPA) es más efectivo cuando se realiza en dos sesiones dentro de un lapso menor a 48 horas, con el fin de evitar la contaminación cruzada. Este procedimiento ayuda a que las bacterias presentes en las bolsas periodontales se integren en el cemento radicular, el fluido crevicular y el epitelio, al dificultar así el control de la infección.

En cuanto a la eficacia temporal, se identificó que la instrumentación ultrasónica requiere menos tiempo que el método manual, lo que representa una ventaja significativa en la práctica clínica. Sin embargo, mientras que los raspadores manuales permiten una mayor eliminación de residuos en bolsas periodontales, los dispositivos ultrasónicos resultan más eficaces para acceder a estas zonas complejas y limpiar completamente las superficies radiculares, al superar en este aspecto a la técnica manual.

Ambos métodos, manual y ultrasónico, se han utilizado de forma combinada o independiente según el criterio del profesional tratante. No obstante, se identificó que la instrumentación ultrasónica presenta una desventaja asociada a la formación de aerosoles contaminados, al demandar medidas adicionales de bioseguridad en el entorno clínico.

Además de estos métodos convencionales, se exploraron alternativas terapéuticas complementarias para el control de la periodontitis. Entre ellas, el uso de láser ha demostrado ser una herramienta eficaz para reducir infecciones bacterianas, minimizar el sangrado, facilitar el acceso a estructuras anatómicas complejas y promover la regeneración tisular. Esta tecnología se destaca como una alternativa segura y precisa que contribuye al éxito del tratamiento periodontal.

Por otro lado, el empleo de nanopartículas metálicas, especialmente de oro y plata, ha mostrado resultados prometedores debido a su potente acción antibacteriana. Estas nanopartículas, al ser inyectadas en las encías afectadas, destruyen el ADN y las proteínas de las bacterias responsables de la enfermedad, al inhibir así el crecimiento microbiano y favorecer la recuperación del tejido periodontal.

Asimismo, se identificó que el uso de probióticos orales, en particular la cepa Lactobacillus, constituye una estrategia efectiva en terapias periodontales no quirúrgicas. La combinación de probióticos con el tratamiento mecánico periodontal ha demostrado reducir significativamente los signos inflamatorios en pacientes con gingivitis, al optimizar los resultados clínicos.

Los resultados la modelación del Neutrosophic SuperHyperSoft Sets ha permitido una selección de los tratamientos más adecuadas según la fase de la enfermedad periodontal, así como la integración de seis conjuntos alternativos a implementar. Sin embargo, se observa que el raspado y alisado radicular y la instrumentación ultrasónica se encuentra sugerido para fases iniciales y moderadas. Mientras que para la fase avanzada destacan técnicas quirúrgicas y láser, en cambio, para el mantenimiento, se recomienda la instrumentación ultrasónica.

5. Conclusión

La modelación basada en Neutrosophic SuperHyperSoft Sets ha permitido una selección objetiva de las técnicas terapéuticas más adecuadas según la fase de la enfermedad periodontal. En este sentido, se ha observado que el raspado y alisado radicular, junto con la instrumentación ultrasónica, son recomendados en fases iniciales y moderadas de la enfermedad. Para etapas avanzadas, se ha identificado que el uso de técnicas quirúrgicas y láser resulta más eficaz, mientras que la instrumentación ultrasónica destaca como la alternativa más efectiva durante la fase de mantenimiento. De hecho, la modelación ha identificado que los pares l_1 y l_2 se han observado como una herramienta clave en la gran mayoría de las fases de la enfermedad. Inclusive, se ha considerado que la combinación de ambas técnicas es más efectiva que su aplicación individual, ya que su uso conjunto optimiza la limpieza

de biopelículas y cálculos. Asimismo, se ha sugerido que el profesional valore la incorporación de terapias complementarias, como el láser, las nanopartículas metálicas, los probióticos y el pulido con aire, al contribuir al control eficaz de la enfermedad periodontal y a la reducción de la inflamación.

Referencias

[1] C. Wen, X. Bai, J. Yang, S. Li, X. Wang, and D. Yang, "Deep learning based approach: automated gingival inflammation grading model using gingival removal strategy," *Scientific Reports,* vol. 14, no. 1, p. 19780, 2024. [Online]. Available: https://www.nature.com/articles/s41598-024-70311-y.

[2] A. Wilensky, N. Frank, G. Mizraji, D. Tzur, C. Goldstein, and G. Almoznino, "Periodontitis and metabolic syndrome: statistical and Machine Learning Analytics of a nationwide study," *Bioengineering,* vol. 10, no. 12, p. 1384, 2023. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2306-5354/10/12/1384.

[3] Z. Cheng *et al.*, "Self‐Assembled Eutectogel with Cell Permeation and Multiple Anti‐Inflammatory Abilities for Treating Chronic Periodontitis," *Advanced Materials,* vol. 37, no. 3, pp. 1-5, 2025. [Online]. Available: https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adma.202412866.

[4] F. Teles *et al.*, "Gingival Crevicular Fluid Biomarkers During Periodontitis Progression and After Periodontal Treatment," *Journal of clinical periodontology,* vol. 52, no. 1, pp. 40-55, 2025. [Online]. Available: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jcpe.14061.

[5] R. Puglisi, A. Santos, A. Pujol, M. Ferrari, J. Nart, and A. Pascual, "Clinical comparison of instrumentation systems for periodontal debridement: a randomized clinical trial," *International Journal of Dental Hygiene,* vol. 20, no. 2, pp. 328-338, 2022. [Online]. Available: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/idh.12520.

[6] J. Perussolo, N. Cavalli, E. Calciolari, M. Goldoni, and N. Donos, "Clinical efficacy of hand and power-driven instruments for subgingival instrumentation during periodontal surgical therapy: a systematic review," *Clinical Oral Investigations,* vol. 27, no. 1, pp. 1-13, 2023. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-022-04759-5.

[7] N. Kaur, "Analysing periodontal treatment modalities: clinical outcome, time efficiency, and cost," *British dental journal,* vol. 234, no. 7, p. 514, 2023. [Online]. Available: https://www.nature.com/articles/s41415-023-5742-8.

[8] U. Ayub, F. Pisani, Z. Qayyum, S. A. Malik, and S. Khan, "Non-surgical periodontal Therapy-A beginning," *Journal of Women Medical & Dental College,* vol. 1, no. 2, pp. 37-42, 2022. [Online]. Available: https://clok.uclan.ac.uk/44224/.

[9] C. A. Figueredo, R. Q. Catunda, M. P. Gibson, P. W. Major, and F. T. Almeida, "Use of ultrasound imaging for assessment of the periodontium: A systematic review," *Journal of Periodontal Research,* vol. 59, no. 1, pp. 3-17, 2024. [Online]. Available: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jre.13194.

[10] Y. Yan, Y. Zhan, X. e. Wang, and J. Hou, "Clinical evaluation of ultrasonic subgingival debridement versus ultrasonic subgingival scaling combined with manual root planing in the treatment of periodontitis: study protocol for a randomized controlled trial," *Trials,* vol. 21, no. 113, pp. 1-7, 2020. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s13063-019-4031-y.

[11] S. Sabatini *et al.*, "Effectiveness of Ultrasonic and Manual Instrumentation in Nonsurgical Periodontal Therapy: Are Additional Therapies More Effective? A Systematic Review," *Applied Sciences,* vol. 14, no. 5, p. 1950, 2024. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2076-3417/14/5/1950.

[12] D. Pal, F. Nasim, H. Chakrabarty, and A. Chakraborty, "Non Surgical Periodontal Therapy: An evidence-based perspec-tive," *J. Dent. Panacea,* vol. 3, no. 2, pp. 1-4, 2021. [Online]. Available: https://www.jdentalpanacea.org/html-article/14539.

[13] D. J. Coluzzi, A. Aoki, and N. Chiniforush, "Non-surgical laser therapy for periodontal and peri-implant disease," *Clinical Dentistry Reviewed,* vol. 6, no. 1, p. 6, 2022. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s41894-022-00120-x.

[14] Z. Lin, F. J. Strauss, N. P. Lang, A. Sculean, G. E. Salvi, and A. Stähli, "Efficacy of laser monotherapy or non-surgical mechanical instrumentation in the management of untreated periodontitis patients. A systematic review and meta-analysis," *Clinical oral investigations,* vol. 25, no. November pp. 375-391, 2021. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-020-03584-y.

[15] K. Nasiri *et al.*, "Recent advances in metal nanoparticles to treat periodontitis," *Journal of nanobiotechnology,* vol. 21, no. 1, p. 283, 2023. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s12951-023-02042-7.

[16] W. Van Holm *et al.*, "Antimicrobial potential of known and novel probiotics on in vitro periodontitis biofilms," *NPJ biofilms and microbiomes,* vol. 9, no. 1, p. 3, 2023. [Online]. Available: https://www.nature.com/articles/s41522-023-00370-y.

[17] F. Smarandache, "Soft set product extended to hypersoft set and indetermsoft set cartesian product extended to indetermhypersoft set," *Journal of fuzzy extension and applications,* vol. 3, no. 4, pp. 313-316, 2022. [Online]. Available: https://www.journal-fea.com/article_157982.html.

[18] F. Smarandache, "Foundation of the SuperHyperSoft Set and the Fuzzy Extension SuperHyperSoft Set: A New Vision," *Neutrosophic Systems with Applications,* vol. 11, no. November, pp. 48-51, 2023. [Online]. Available: https://sciencesforce.com/index.php/nswa/article/view/172.

[19] E. González Caballero, M. Leyva Vázquez, and F. Smarandache, "On neutrosophic uninorms," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 45, no. 2021, pp. 340-348, 2021. [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol45/iss1/22.

[20] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[21] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[22] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[23] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[24] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[25] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[26] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 19, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Análisis de los retos que afectan a la detección precoz del cáncer de cuello uterino en el Instituto Tsáchila mediante el IADOV neutrosófico refinado

Analysis of the challenges affecting early detection of cervical cancer at the Tsáchila Institute using the refined neutrosophic IADOV

Carlos Alejandro Troya Altamirano [1], María Auxiliadora Ganchozo Zambrano [2], Berenice Elizabeth Acosta Toro [3], and Katherine Briggitte Quilumba Obregón [4]

[1]Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. docentetp51@uniandes.edu.ec
[2]Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. mariagz69@uniandes.edu.ec
[3]Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. bereniceat86@uniandes.edu.ec
[4]Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador. katherineqo43@uniandes.edu.ec

Resumen. La prueba de Papanicolaou se ha consolidado como una herramienta en la detección temprana del cáncer de cuello uterino, sin embargo, su realización enfrenta barreras en diversas comunidades. En el Instituto Tsáchila, se identificaron factores que limitan la participación de las mujeres en esta práctica preventiva. Por ende, el estudio analizó estos factores y propuso una estrategia educativa virtual para mejorar la adopción de prácticas preventivas y la detección temprana del cáncer. Para ello, se utilizó el método IADOV neutrosófico refinado para evaluar las percepciones y conocimientos de las mujeres sobre la prueba de Papanicolaou. Los resultados revelaron las interacciones entre las subzonas neutrosóficas, al destacar áreas críticas como el desconocimiento de la periodicidad del examen, la vergüenza y la falta de tiempo, representados como los principales desafíos del estudio. Se concluyó que una estrategia educativa virtual superaría estas barreras, al mejorar la participación y promoción de la salud preventiva.

Palabras Claves: Prueba de Papanicolaou, prácticas preventivas, neoplasia cervical, salud femenina, IADOV neutrosófico refinado.

Abstract. The Papanicolaou test has become a key tool in the early detection of cervical cancer; however, its implementation faces barriers in various communities. At the Tsáchila Institute, factors limiting women's participation in this preventive practice were identified. Therefore, the study analyzed these factors and proposed a virtual educational strategy to enhance the adoption of preventive practices and early detection of cancer. To achieve this, the refined IADOV neutrosophic method was used to assess women's perceptions and knowledge about the Papanicolaou test. The results revealed interactions between the neutrosophic subzones, highlighting critical areas such as lack of knowledge about the exam's periodicity, shame, and lack of time, which were identified as the main challenges of the study. It was concluded that a virtual educational strategy would overcome these barriers by improving participation and promoting preventive health.

Keywords: Papanicolaou test, preventive practices, cervical neoplasia, women's health, refined neutrosophic IADOV.

1 Introducción

El cáncer de útero representa una de las principales causas de mortalidad femenina en el mundo, al constituir un problema de salud pública que impacta significativamente en la calidad de vida de las mujeres [1]. De hecho, esta enfermedad se caracteriza por el crecimiento descontrolado de células en el revestimiento del útero [2]. Incluso, afecta de manera progresiva la función reproductiva y, en estadios avanzados, al comprometer otros órganos vitales

[3]. A nivel global, esta patología se posiciona como la cuarta causa más frecuente de cáncer en mujeres, con una incidencia alarmante en regiones con dificultades de acceso a servicios médicos preventivos [4].

El cáncer de cuello uterino atraviesa varias fases, al iniciar con una etapa preclínica caracterizada por alteraciones celulares sin síntomas evidentes. Posteriormente, evoluciona hacia un estadio inicial con síntomas leves como sangrado irregular y dolor pélvico, hasta alcanzar fases avanzadas donde el deterioro del estado general es más evidente [5-26].

En Latinoamérica, el cáncer de cuello uterino ocupa un lugar destacado dentro de las causas de mortalidad femenina, en especial en zonas rurales y comunidades indígenas [6]. La limitada cobertura en programas de prevención, junto con barreras socioculturales e informativas, agravan la detección tardía de esta enfermedad, al dificultar la implementación de tratamientos oportunos [7-20]. En Ecuador, esta problemática se acentúa en poblaciones vulnerables, donde se ha observado que el desconocimiento sobre los métodos preventivos influye directamente en la baja adopción de prácticas de detección temprana [8].

De hecho, el constante avance de la medicina permite el desarrollo de técnicas, exámenes e instrumentos de para la prevención y detección temprana de diversas enfermedades [9-21] [10]. Vale la pena señalar, que la prueba de Papanicolaou se consolida como una herramienta fundamental para la identificación precoz del cáncer de cuello uterino, gracias a los aportes del médico Georgios Nicholas Papanicolaou, quien contribuyó al conocimiento fisiológico y citológico del sistema reproductivo femenino [11-22].

Este examen, reconocido por su eficacia, reduce en aproximadamente un 70% las tasas de mortalidad asociadas con el cáncer cervical. Su metodología se basa en la obtención de células mediante un raspado de la abertura del cuello uterino, las cuales son posteriormente analizadas mediante observación microscópica. Esta técnica demuestra ser altamente efectiva en la identificación de irregularidades cervicales que podrían evolucionar hacia el cáncer de cuello uterino, consolidándose como un procedimiento esencial en la salud preventiva femenina [12-23].

A pesar de su relevancia, diversos factores limitan el acceso, el conocimiento y la práctica regular de este examen en mujeres en edad fértil del Instituto Tsáchila [13-24-25]. Por ello, la presente investigación tiene como propósito identificar los factores limitantes que influyen en el conocimiento del examen de Papanicolaou en mujeres en edad fértil del Instituto Tsáchila. Además de proponer estrategias que contribuyan a mejorar el nivel de conocimiento sobre este procedimiento, al promover así la salud sexual y reproductiva de la población femenina.

Para el desarrollo del estudio, es necesario evaluar el nivel de satisfacción de las participantes respecto a su conocimiento, percepción y práctica del PAP test, a partir de la modelación del método IADOV neutrosófico refinado. De hecho, constituye una herramienta analítica que permite determinar el índice de satisfacción grupal (ISG), al considerar la incertidumbre inherente a las respuestas humanas. Inclusive, facilita una valoración precisa al integrar términos lingüísticos que representan diferentes grados de satisfacción e insatisfacción, al incorporar simultáneamente elementos neutros o indefinidos en la toma de decisiones.

2. Antecedentes y fundamentos de la neutrosofía

2.1. Conjunto neutrosófico refinado

Definition 1 [14]. The *Neutrosophic set* N is characterized by three membership functions, which are the truth-membership function T_A, indeterminacy-membership function I_A, and falsity-membership function F_A, where U is the Universe of Discourse and $\forall x \in U$, $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \subseteq]^{-}0, 1^{+}[$, and $^{-}0 \leq \inf T_A(x) + \inf I_A(x) + \inf F_A(x) \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \leq 3^{+}$.

See that according to the definition, $T_A(x), I_A(x)$, and $F_A(x)$ are real standard or non-standard subsets of $]^{-}0, 1^{+}[$ and hence, $T_A(x), I_A(x)$ and $F_A(x)$ can be sub-intervals of $[0, 1]$. $^{-}0$ and 1^{+} belong to the set of hyperreal numbers.

Definition 2. The *Single-Valued Neutrosophic Set* (SVNS) A over U is $A = \{< x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) > : x \in U\}$, where $T_A: U \to [0, 1]$, $I_A: U \to [0, 1]$ and $F_A: U \to [0, 1]$. $0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$.

Los CNVU surgieron con la idea de aplicar los conjuntos neutrosóficos con fines prácticos. Algunas operaciones entre NNVU se expresan a continuación:

Dados A1 = (a1, b1, c1) y A2 = (a2, b2, c2) dos NNVU se tiene que la suma entre A1 y A2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1 + a_2 - a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2) \tag{1}$$

Dados $A1 = (a1, b1, c1)$ y $A2 = (a2, b2, c2)$ dos NNVU se tiene que la multiplicación entre A1 y A2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1 a_2, b_1 + b_2 - b_1 b_2, c_1 + c_2 - c_1 c_2) \tag{2}$$

El producto por un escalar positivo con un NNVU, A = (a, b, c) se define por:

$$A = (1 - (1 - a), b, c) \tag{3}$$

The *Single-Valued Neutrosophic Number* (SVNN) is symbolized by

$N = (t, i, f)$, such that $0 \leq t, i, f \leq 1$ and $0 \leq t + i + f \leq 3$.

Definition 3 [15]. The *single-valued triangular neutrosophic number*, $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2. a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, is a neutrosophic set on $\mathbb{R}$, whose truth, indeterminacy, and falsity membership functions are defined as follows:

$$T_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \alpha_{\tilde{a}}\left(\frac{x - a_1}{a_2 - a_1}\right), a_1 \leq x \leq a_2 \\ \alpha_{\tilde{a}}, x = a_2 \\ \alpha_{\tilde{a}}\left(\frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}\right), a_2 < x \leq a_3 \\ 0, \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{(f1)}$$

$$I_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \frac{(a_2 - x + \beta_{\tilde{a}}(x - a_1))}{a_2 - a_1}, a_1 \leq x \leq a_2 \\ \beta_{\tilde{a}}, x = a_2 \\ \frac{(x - a_2 + \beta_{\tilde{a}}(a_3 - x))}{a_3 - a_2}, a_2 < x \leq a_3 \\ 1, \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{(f2)}$$

$$F_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \frac{(a_2 - x + \gamma_{\tilde{a}}(x - a_1))}{a_2 - a_1}, a_1 \leq x \leq a_2 \\ \gamma_{\tilde{a}}, x = a_2 \\ \frac{(x - a_2 + \gamma_{\tilde{a}}(a_3 - x))}{a_3 - a_2}, a_2 < x \leq a_3 \\ 1, \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{(f3)}$$

Where $\alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \in [0, 1]$, $a_1, a_2, a_3 \in \mathbb{R}$ and $a_1 \leq a_2 \leq a_3$.

Definition 4. Given $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$ and $\tilde{b} = \langle (b_1, b_2, b_3); \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{b}} \rangle$ two single-valued triangular neutrosophic numbers and λ any non-null number in the real line. Then, the following operations are defined:

1. Addition: $\tilde{a} + \tilde{b} = \langle (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle$,
2. Subtraction: $\tilde{a} - \tilde{b} = \langle (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle$,
3. Inversion: $\tilde{a}^{-1} = \langle ({a_3}^{-1}, {a_2}^{-1}, {a_1}^{-1}); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, where $a_1, a_2, a_3 \neq 0$.
4. Multiplication by a scalar number:
$$\lambda\tilde{a} = \begin{cases} \langle (\lambda a_1, \lambda a_2, \lambda a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle, \lambda > 0 \\ \langle (\lambda a_3, \lambda a_2, \lambda a_1); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle, \lambda < 0 \end{cases}$$
5. Division of two triangular neutrosophic numbers:
$$\frac{\tilde{a}}{\tilde{b}} = \begin{cases} \langle \left(\frac{a_1}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_3}{b_1}\right); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 > 0 \text{ and } b_3 > 0 \\ \langle \left(\frac{a_3}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_1}{b_1}\right); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 < 0 \text{ and } b_3 > 0 \\ \langle \left(\frac{a_3}{b_1}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_1}{b_3}\right); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 < 0 \text{ and } b_3 < 0 \end{cases}$$
6. Multiplication of two triangular neutrosophic numbers:
$$\tilde{a}\tilde{b} = \begin{cases} \langle (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 > 0 \text{ and } b_3 > 0 \\ \langle (a_1 b_3, a_2 b_2, a_3 b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 < 0 \text{ and } b_3 > 0 \\ \langle (a_3 b_3, a_2 b_2, a_1 b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 < 0 \text{ and } b_3 < 0 \end{cases}$$

Where, $\wedge$ is a t-norm and $\vee$ is a t- conorm.

Definition 5 [16] [17]. The Subset Refined Neutrosophic Set (SRNS).

Let $\mathcal{U}$ be a universe of discourse, and a set $R \subset \mathcal{U}$. Then a Subset Refined Neutrosophic R is defined as follows: $R = \{x, x(T, I, F), x \in U\}$, where T is refined/split into p sub-truths, $T = \langle T_1, T_2, \ldots T_p \rangle, T_j \subseteq [0,1], 1 \leq j \leq p$; I is refined/split into r sub-indeterminacies, $I = \langle I_1, I_2, \ldots I_r \rangle, I_k \subseteq [0,1], 1 \leq k \leq r$, and F is refined/split into s sub-falsehoods, $F = \langle F_1, F_2, \ldots F_l \rangle, F_s \subseteq [0,1], 1 \leq l \leq s$, where $p, r, s \geq 0$ are integers, and $p + r + s = n \geq 2$, and at least one of $p, r, s \; is \geq 2$ in order to ensure the existence of refinement (splitting).

2.2. Método IADOV neutrosófico refinado

La aplicación del método IADOV neutrosófico refinado resulta clave para interpretar la heterogeneidad de opiniones y experiencias de las participantes [18-24]. De modo que permite identificar con mayor precisión los factores que inciden en el acceso y la práctica del examen de Papanicolaou.

Para encuestar el nivel de satisfacción de los expertos, se utilizó la técnica de IADOV neutrosófica refinada, basada en el uso de los subconjuntos neutrosóficos refinados de valor único (SRNS por sus siglas en inglés) asociados a variables lingüísticas o su capacidad de aumentar la interpretabilidad y el empleo de la indeterminación.

Para aplicar la técnica de IADOV neutrosófico refinada es necesario que los expertos se basen en un sistema de evaluación mediante un término lingüístico que muestre la opinión del experto (ver tabla 1). De hecho, al ampliar el método IADOV al análisis mediante una escala neutrosófica permite estructurar y sub-estructurar la satisfacción grupal (denominadas componentes y subcomponentes neutrosóficos). Por consiguiente, al separar las diferentes zonas que se encuentran, desde la satisfacción a la insatisfacción, se incluyen varias particiones dentro de la zona de indeterminación para una mejor interpretación de los resultados [19-25].

Tabla 1: Sistema de evaluación en el IADOV neutrosófico refinado. Fuente: Elaboración propia.

Componente / Subcomponente neutrosófico		**Categoría respuesta**			**SVNU**	**Puntuación**
		Pregunta 1	**Pregunta 2**	**Pregunta 3**		
V_j	V_1	Conoce claramente y comprende su utilidad	Sí, de forma regular (cada año)	Está totalmente convencida de su efectividad	(1,0,0)	3
	V_2	Conoce parcialmente y tiene nociones básicas	Sí, pero de forma esporádica (más de dos años sin control)	Cree que es eficaz, pero tiene algunas dudas	(0.75,0.20,0.25)	2,3
I_k	I_1	Tiene conocimiento vago o incompleto	No recuerda la fecha exacta de su última prueba	Considera que puede ser útil, pero no está segura	(0.5,0.5,0.5)	1.5
	I_2	Responde de forma contradictoria	Responde de forma contradictoria	Responde de forma contradictoria	(1,0,1)	0
	I_3	Ha escuchado sobre el PAP test, pero no sabe para qué sirve	No se ha realizado el examen, pero tiene intención de hacerlo	Cree que el PAP test no es tan eficaz como se menciona	(0.25,0.70,0.75)	1
F_l	F_1	No conoce el PAP test ni su utilidad	No se ha realizado el examen ni tiene intención de hacerlo	Considera que el PAP test no es efectivo	(0,0,1)	2

Otro componente propio del método es la tabla lógica de IADOV, que asigna valores numéricos a tres preguntas cerradas que se les aplica a los expertos (tabla 2). En caso de ser necesario se pueden aplicar preguntas abiertas en la encuesta.

Tabla 2: Derivación del cuadro Lógico de Iadov. Elaboración propia.

1ª PREGUNTA	Sí			No sé			No		
2ª PREGUNTA	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No
3ª PREGUNTA									
es un proceso de investigación consolidado	1	2	6	2	2	6	6	6	6
es un proceso de investigación parcialmente consolidado	2	3	3	2	3	3	6	3	6
me es indiferente	3	3	3	3	3	3	3	3	3
es un proceso de investigación menos consolidado de lo que realmente dice ser	6	3	6	3	4	4	3	4	4
es un proceso de investigación sin consolidar	6	6	6	6	4	4	6	4	5
no sé qué decir	2	3	6	3	3	3	6	3	4

Por otro lado, para desneutrosificar este conjunto de manera que se obtenga un único valor, se utiliza por lo general una función de puntuación. Sea $A = (a, b, c)$, la función de puntuación S de un SVNS, basada en el grado de pertenencia indeterminado y el grado de pertenencia falso, se define por la ecuación (4).

$$S(A) = 2 + a - b - c \quad (4)$$

Por otro lado, para determinar el índice de satisfacción global plitogénico neutrosófico refinado (ISGNR) de los encuestados se utilizó el operador de agregación H_j^N, al tomar en consideración las evaluaciones de cada elemento X al conjunto neutrosófico A. De modo que se obtenga el ISGNR de la suma de los elementos analizados dentro del subconjunto neutrosófico evaluado, donde L_r^N es la frecuencia y w_j es el peso asignado (6).

$$H_j^N\left(S_1^N, S_2^N, \ldots, S_j^N\right) = \sum_{i=1}^{n}\left[w_j, L_r^N\right] \tag{6}$$

Por último, se diseñó un cuestionario con las siguientes preguntas:

- Pregunta 1: ¿Conoce usted qué es el PAP test y para qué sirve?
- Pregunta 2: ¿Se ha realizado el PAP test en los últimos dos años?
- Pregunta 3: ¿Cree que el PAP test es una herramienta eficaz para prevenir el cáncer de cuello uterino?
- Pregunta 4 (Abierta): ¿Cuáles considera que son las principales barreras para que más mujeres se realicen el PAP test?
- Pregunta 5 (Abierta): ¿Qué medidas cree que se deberían tomar para promover la realización del PAP test?

3. Aplicaciones de la lógica neutrosófica

3.1. Conocimiento sobre el PAP test y su utilidad (pregunta 1)

El análisis del conocimiento sobre el PAP test y su utilidad revela que una parte significativa de las participantes demostró un entendimiento claro y completo acerca de este examen, lo que indica que reconocen su necesidad en la prevención del cáncer de cuello uterino. Sin embargo, se evidenció que varias encuestadas poseen un conocimiento parcial, al reflejar que, aunque cuentan con nociones básicas, su nivel de certeza es limitado. Asimismo, se identificó que un grupo de participantes presentó un conocimiento vago o incompleto, al sugerir que, pese a tener cierta información, carecen de una comprensión precisa sobre la utilidad del PAP test (ver tabla 3).

Tabla 3: Evaluación índice de conocimiento sobre el PAP test y su utilidad. Fuente: Elaboración propia.

Criterio neutrosófico refinado	Escala	Puntuación (P)	Frecuencia (F)	$P \cdot F$	$\frac{F \cdot S}{n}$
Conoce claramente y comprende su utilidad	V_1	1	11	11	0.31
Conoce parcialmente y tiene nociones básicas	V_2	0.75	8	6	0.17
Tiene conocimiento vago o incompleto	I_1	0.5	11	5.5	0.16
Responde de forma contradictoria	I_2	0	2	0	0.00
Ha escuchado sobre el PAP test, pero no sabe para qué sirve	I_3	-0.5	1	-0.5	-0.01
No conoce el PAP test ni su utilidad	F_1	-1	2	-2	-0.06
Índice de conocimiento (IC) = 0.57					

Por otro lado, algunas participantes ofrecieron respuestas contradictorias, evidenciando confusión o incertidumbre respecto a este examen preventivo. Además, se observó que ciertas personas mencionaron haber escuchado del PAP test sin conocer su utilidad, mientras que otras afirmaron no tener conocimiento alguno sobre este procedimiento, al reflejar una preocupante brecha informativa.

El índice de creatividad (IC) obtenido fue de 0.57, lo que indica que el grupo evaluado presenta un equilibrio moderado entre quienes poseen un conocimiento claro y quienes tienen vacíos conceptuales. Esta situación resalta la necesidad de fortalecer las estrategias educativas, al priorizar tanto la consolidación del conocimiento en quienes ya tienen información básica como la implementación de campañas de sensibilización dirigidas a aquellas personas con escaso o nulo conocimiento sobre el PAP test.

3.2. Frecuencia de realización del PAP test en los últimos dos años (pregunta 2)

El análisis de la frecuencia con la que las participantes se han realizado el PAP test en los últimos dos años evidencia una tendencia preocupante en la práctica de este examen preventivo. Si bien se identificó un grupo de mujeres que mantiene un control regular al realizarse el PAP test cada año, este segmento representa una proporción relativamente baja en comparación con el total de participantes (ver tabla 4).

Tabla 4: Evaluación índice de frecuencia de realización del PAP. Fuente: Elaboración propia.

Criterio neutrosófico	Escala	Puntuación (P)	Frecuencia (F)	$P \cdot F$	$\frac{F \cdot S}{n}$
Sí, de forma regular (cada año)	V_1	1	5	5	0.14
Sí, pero de forma esporádica (más de dos años sin control)	V_2	0.75	4	3	0.09
No recuerda la fecha exacta de su última prueba	I_1	0.5	13	6.5	0.19
Responde de forma contradictoria	I_2	0	1	0	0.00
No se ha realizado el examen, pero tiene intención de hacerlo	I_3	-0.5	11	-5.5	-0.16
No se ha realizado el examen ni tiene intención de hacerlo	F_1	-1	1	-1	-0.03
Índice de frecuencia de realización (IC) = 0.23					

Por otro lado, un número considerable de encuestadas indicó que se ha realizado el PAP test de forma esporádica, es decir, con intervalos mayores a dos años, lo que refleja una conducta preventiva menos constante. Aún más relevante es el hecho de que una parte significativa de las participantes no recuerda la fecha exacta de su última prueba. De modo que denota un bajo nivel de control y seguimiento de su salud preventiva, al generar riesgos en la detección oportuna del cáncer de cuello uterino.

Además, se evidenció que algunas participantes manifestaron no haberse realizado nunca el PAP test, aunque tienen la intención de hacerlo, lo que pone de manifiesto la presencia de factores limitantes como el desconocimiento, la falta de acceso o la postergación del cuidado preventivo. Por otro lado, preocupa especialmente que un pequeño grupo indicó no haberse realizado el PAP test ni tener intención de hacerlo, lo que representa un desafío crítico en términos de sensibilización y educación en salud.

En cuanto al índice de frecuencia de realización (IC), fue de 0.23, lo que revela un nivel bajo de diversidad y compromiso en la conducta preventiva respecto al PAP test. Esta situación enfatiza la necesidad de implementar campañas educativas que promuevan no solo el conocimiento sobre la prueba, sino también la adopción de prácticas regulares y responsables en la prevención del cáncer de cuello uterino.

3.3. Percepción de la eficacia del PAP test para prevenir el cáncer de cuello uterino (Pregunta 3)

El análisis de la percepción sobre la eficacia del PAP test para la prevención del cáncer de cuello uterino revela diferencias significativas entre las participantes en cuanto a su nivel de convicción respecto a la efectividad de esta prueba preventiva (ver tabla 5). De hecho, un segmento de las mujeres está totalmente convencida de la eficacia del PAP test, lo que sugiere una sólida confianza en el examen como herramienta de prevención. Este grupo tiene la mayor frecuencia de respuestas positivas, lo que indica que perciben al PAP test como una medida eficaz y esencial para la detección temprana del cáncer cervical.

Tabla 5: Evaluación índice de percepción de la eficacia del PAP test para prevenir el cáncer. Fuente: Elaboración propia.

Criterio neutrosófico	Escala	Puntuación (P)	Frecuencia (F)	$P \cdot F$	$\frac{F \cdot S}{n}$
Está totalmente convencida de su efectividad	V_1	1	10	10	0.29
Cree que es eficaz, pero tiene algunas dudas	V_2	0.75	9	6.75	0.19
Considera que puede ser útil, pero no está segura	I_1	0.5	15	7.5	0.21
Responde de forma contradictoria	I_2	0	1	0	0.00
Cree que el PAP test no es tan eficaz como se menciona	I_3	-0.5	0	0	0.00
Considera que el PAP test no es efectivo	F_1	-1	0	0	0.00
Índice de percepción de la eficacia del PAP (IC) = 0.69					

En segundo lugar, existe un grupo que cree en su eficacia, pero con algunas dudas, lo que sugiere que, aunque reconocen la utilidad de la prueba, no están completamente informadas o convencidas de su impacto preventivo. Este grupo tiene una frecuencia significativa, lo que podría indicar que aún persisten incertidumbres que deben abordarse con campañas educativas o mayor información.

Sin embargo, un número notable de participantes considera que el PAP test es útil, pero no está completamente segura de su efectividad. Esto refleja una percepción ambigua y una falta de confianza plena en la prueba, lo que estaría relacionado con un desconocimiento parcial o esporádico sobre los beneficios y la efectividad demostrada de la prueba.

El índice de percepción de la eficacia del PAP (IC) obtenido fue de 0.69, lo que sugiere un nivel moderado de diversidad en las percepciones de las participantes sobre la eficacia del PAP test. Este valor refleja una variedad de opiniones, lo que indica que, si bien la mayoría confía en el examen, aún existe un espacio para fortalecer la educación y las campañas de sensibilización, al asegurar una mayor certeza sobre la necesidad en la prevención del cáncer de cuello uterino.

3.3. Zonas y subzonas neutrosóficas: Patrones, vacíos de información y áreas críticas.

El análisis de las respuestas sobre el conocimiento, la frecuencia y la percepción del PAP test, a través de la lógica neutrosófica, revela complejas interacciones entre las distintas zonas y subzonas neutrosóficas. De modo que permite identificar patrones, vacíos de información y áreas críticas (ver figura 1). En lugar de ver las respuestas de manera aislada, es fundamental considerar cómo se interrelacionan las distintas subzonas (subcomponentes de la verdad), al comprender mejor las dinámicas de la información y las actitudes respecto al PAP test.

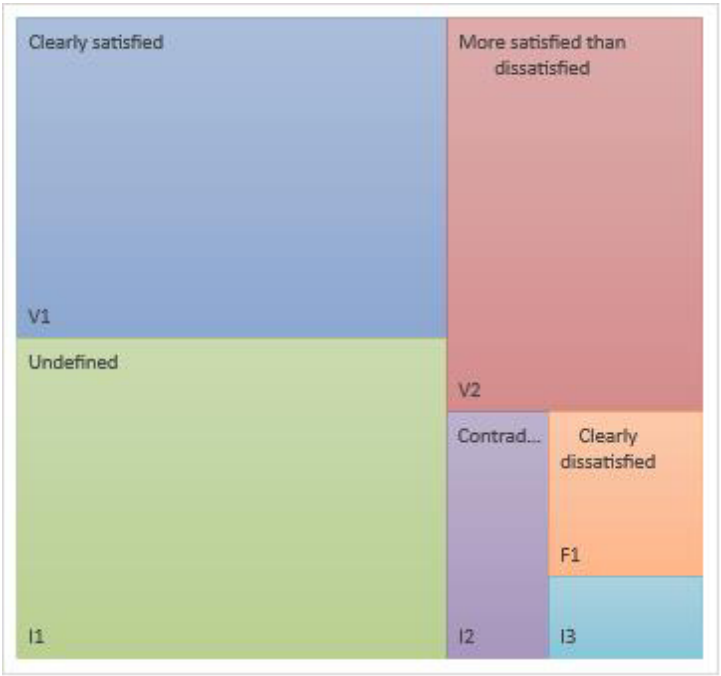


Figure 1: Zonas y subzonas neutrosóficas sobre las evaluaciones realizadas acerca del del PAP test. Fuente: Elaboración propia.

1. Los patrones observados a través de las interacciones entre las subzonas neutrosóficas reflejan cómo el conocimiento y la práctica del PAP test están interrelacionados:
   - Patrón de conocimiento claro y prácticas preventivas regulares: Las participantes en la subzona V_1 (conocimiento claro sobre el PAP test) tienden a realizarse el examen de manera regular, lo que indica que el conocimiento sólido favorece la adopción de prácticas preventivas constantes.
   - Patrón de conocimiento parcial e irregularidad en las prácticas preventivas: Las subzonas V_2 e I_1 (conocimiento parcial o vago) están asociadas a la realización esporádica del examen o la falta de tiempo, lo que muestra que el conocimiento incompleto no genera un comportamiento preventivo constante.
   - Patrón de incertidumbre y postergación: Las participantes en las subzonas I_2 (respuestas contradictorias) e I_3 (intención de realizarse el examen, pero no hacerlo) reflejan confusión, indecisión o vergüenza, lo que lleva a la postergación o a la no realización del examen preventivo.
2. Vacíos de información se manifiestan en las subzonas donde el conocimiento sobre el PAP test es incompleto o contradictorio. Esto se observa principalmente en:
   - Conocimiento incompleto o contradictorio: Las subzonas $I_1, V_2,$ e I_2 representan vacíos de información relacionados con la comprensión del PAP test y su utilidad. Las participantes en estas subzonas muestran una comprensión parcial, ambigua o contradictoria sobre la prueba, lo que impide una toma de decisiones clara y una práctica preventiva consistente.
   - Desinformación grave: Las subzonas I_3 y F_1 indican una falta total de conocimiento sobre el PAP test, lo que revela un vacío crítico de información. Esto es resultado de la falta de acceso a educación sobre salud preventiva o desinformación sobre la necesidad de la prueba.

3. A partir de las interacciones entre las subzonas neutrosóficas, se destacan tres áreas críticas que deben ser atendidas para mejorar las prácticas preventivas:
   - Falta de confianza en la eficacia del PAP test: Las interacciones entre las subzonas V_2 e I_1 con las percepciones de eficacia ($I_2 y I_1$) muestran que la falta de confianza en la efectividad del PAP test impide que muchas participantes adopten prácticas preventivas regulares. De hecho, las barreras socioculturales, como la vergüenza y los tabúes relacionados con los exámenes ginecológicos, representan un obstáculo significativo para la participación en el PAP test. Muchas mujeres se sienten incómodas al someterse a este procedimiento debido a creencias sociales que lo consideran invasivo o estigmatizante. La percepción negativa hacia los servicios de salud reproductiva en general también influye en la baja tasa de realización del examen. Por tanto, es necesario abordar las dudas y fortalecer la educación en torno a la eficacia comprobada del examen.
   - Postergación y falta de acción: Las subzonas I_3 y F_1 destacan la tendencia a posponer o evitar el PAP test. Este comportamiento se encuentra motivado por factores como el desconocimiento, la falta de acceso o la percepción de que el examen no es urgente (factor temporal), al representar una barrera crítica para la prevención. Lo cierto es que, muchas mujeres en comunidades rurales, como las del Instituto Tsáchila, enfrentan una carga de trabajo diaria intensa y no consideran el examen una prioridad frente a sus responsabilidades.
   - Contradicciones en las respuestas: Las participantes en las subzonas I_2 (respuestas contradictorias) presentan confusión en cuanto a la prioridad del PAP test y su frecuencia. Las respuestas inconsistentes reflejan que las mujeres no tienen claridad sobre la prioridad de la prueba, al acentuar la necesidad de campañas educativas que resuelvan estas contradicciones y brinden información coherente.

4. Propuesta educativa virtual para la difusión del PAP Test

4.1. Objetivo general: Desarrollar una propuesta educativa virtual que facilite la difusión de información clara, precisa y accesible sobre el PAP test, al utilizar plataformas digitales para aumentar la concienciación sobre la necesidad de la prevención del cáncer de cuello uterino. La propuesta busca abordar las áreas críticas identificadas, al potenciar la realización del examen mediante el fortalecimiento del conocimiento, la eliminación de vacíos informativos y la mejora de la percepción de eficacia.

4.2. Justificación: A través del análisis de las interacciones neutrosóficas, se identificaron áreas críticas como la falta de confianza en la eficacia del PAP test, la postergación en la realización del examen y la contradicción en las respuestas sobre su prioridad. Estas barreras deben ser superadas para fomentar una cultura de prevención y autocuidado en relación con la salud femenina. Las plataformas digitales ofrecen un alcance amplio y accesible, lo que facilita la divulgación de información de manera interactiva y atractiva, al superar las limitaciones de los medios tradicionales.

4.3. Estrategias pedagógicas y metodología a aplicar (ver tabla 6).

Tabla 6: Estrategias pedagógicas y metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia.

No.	Elemento	Difusión / evaluación	Descripción
4.3.1	Plataformas digitales utilizadas	Sitio web interactivo	Creación de una página web amigable, donde se expliquen todos los aspectos relacionados con el PAP test, al incluir la necesidad, frecuencia recomendada, y cómo realizarlo. Incluir testimonios de mujeres que han experimentado el examen y su impacto positivo en la salud.
		Redes sociales	Utilización de plataformas como Instagram, Facebook, Twitter y TikTok para publicar contenido visualmente atractivo, como infografías, videos explicativos y publicaciones interactivas que faciliten la comprensión de la información
		Webinars y talleres virtuales	Organización de charlas mensuales en vivo con expertos en salud ginecológica, donde se pueda interactuar con las participantes, resolver dudas y dar recomendaciones personalizadas.
4.3.2	Contenidos a difundir	Información clara sobre el PAP test	▪ Qué es el PAP test, cómo se realiza, y su papel crucial en la prevención del cáncer de cuello uterino. ▪ Mitos comunes y realidades, enfocándose en desmontar creencias erróneas, particularmente en torno a la efectividad y el dolor del examen. ▪ Testimonios en video de mujeres que comparten sus experiencias positivas con el PAP test

No.	Elemento	Difusión / evaluación	Descripción
		Desarrollo de módulos educativos	▪ Módulo 1: El PAP test como herramienta preventiva: Explicación detallada de la ciencia detrás del PAP test y su efectividad comprobada para detectar cambios precoces en el cuello uterino. ▪ Módulo 2: Mitos y realidades sobre el PAP test: Desmitificación de creencias populares erróneas, al abordar en específico las dudas y temores más comunes que inhiben la participación. ▪ Módulo 3: Cómo y cuándo hacerse el PAP test: Instrucciones claras sobre la frecuencia recomendada, cómo acceder al servicio y las opciones disponibles. ▪ Módulo 4: La necesidad de la prevención continua: Estrategias para hacer del PAP test una práctica regular y cómo llevar un control preventivo de la salud ginecológica.
4.3.3	Metodología de interacción	Evaluaciones interactivas	Al final de cada módulo, se incluyen preguntas interactivas de opción múltiple que ayuden a evaluar el entendimiento del contenido. Esto ayuda a identificar áreas de confusión, al reforzar la información clave.
		Cuestionarios de percepción	Después de cada sesión o webinar, se aplicarían encuestas para conocer la percepción de las participantes sobre la eficacia del PAP test y las barreras percibidas, al ajustar los contenidos de manera continua
		Foros y espacios de consulta	Creación de foros en los que los participantes interactúen con expertos, al compartir experiencias y resolver dudas específicas sobre el PAP test y la salud ginecológica en general.
4.3.4	Estrategias de marketing digital	Campañas de sensibilización	Uso de anuncios pagados en redes sociales dirigidos a mujeres en edad fértil, con mensajes personalizados sobre la necesidad de realizarse el PAP test. Estas campañas se encuentran basadas en las barreras identificadas, como la falta de conocimiento y la percepción errónea sobre la prueba.
		Testimonios e historias de éxito	Recopilación de historias de mujeres que hayan tenido experiencias positivas con el PAP test, las cuales serían difundidas a través de los canales digitales. De modo que genere un impacto emocional, al incluir la dudas, desconocimiento o incertidumbre en las participantes.
		Gamificación	Incorporación de juegos interactivos donde los usuarios aprendan sobre la salud ginecológica de manera divertida, mientras acumulan puntos y recompensas que sean canjeados por descuentos en servicios médicos o materiales educativos adicionales.

4.4. Evaluación y seguimiento:

- Análisis de interacción y participación: Monitoreo constante de las métricas de interacción en el sitio web, redes sociales y aplicaciones, para evaluar qué contenidos tienen mayor impacto y cuáles requieren ajustes.
- Encuestas de satisfacción: Implementación de encuestas periódicas para medir el nivel de satisfacción con los contenidos educativos y la efectividad percibida del PAP test como herramienta preventiva.
- Análisis de la frecuencia de realización del PAP test: Medición de la tasa de realización del examen antes y después de la implementación de la propuesta educativa, con el objetivo de determinar el impacto de las estrategias en la adopción de prácticas preventivas regulares.

4.5. Sostenibilidad y expansión:

- Actualización continua: Mantener los contenidos actualizados con base en nuevos estudios científicos sobre el PAP test y la prevención del cáncer de cuello uterino.
- Colaboraciones con instituciones de salud: Establecer alianzas con clínicas y hospitales para promover la implementación del PAP test de manera accesible, al facilitar la reserva de citas a través de la plataforma educativa.

5. Discusión

Los resultados obtenidos han concordado con investigaciones previas que indican que las barreras para la realización del PAP test están fuertemente influenciadas por factores socioculturales, como la vergüenza y la falta de tiempo. El análisis del IADOV neutrosófico refinado ha permitido identificar con mayor claridad cómo las barreras emocionales y sociales interactúan con las condiciones estructurales para reducir la participación en las pruebas preventivas. La vergüenza y la desconfianza hacia la eficacia del examen fueron identificadas como las barreras

significativas, así como el vacío informativo. De modo que refuerza la necesidad de intervenciones que aborden estas preocupaciones en un marco más amplio que solo el educativo.

En cuanto a la intervención educativa, los resultados del análisis neutrosófico y los datos obtenidos han sugerido que las plataformas digitales son efectivas para superar algunas de las barreras de tiempo, al permitir una mayor accesibilidad a la información. Sin embargo, a pesar de los avances en el conocimiento del PAP test, la desconfianza persistente resalta la necesidad de intervenciones que vayan más allá de la información técnica. La creación de un entorno más empático, en el que las mujeres compartan experiencias y testimonios, sería esencial para reducir las barreras emocionales. De acuerdo con la propuesta educativa derivada del análisis neutrosófico, la confianza en la eficacia del examen debe ser reforzada mediante testimonios y prácticas sociales que validen la necesidad del PAP test en la prevención del cáncer cervicouterino.

Finalmente, los resultados han sugerido la inclusión en estudios futuros incluyan las barreras estructurales, como la disponibilidad de servicios médicos y la flexibilidad en los horarios de atención, para potenciar la participación femenina. Por tanto, en futuras investigaciones se debe integrar estas variables al análisis neutrosófico, para lograr que el acceso a los servicios de salud sea optimizado, no solo en términos de horarios y disponibilidad. Inclusive, que se fomente la creación de servicios móviles o comunitarios que faciliten el acceso a las pruebas. Por tanto, la combinación de estos aspectos, apoyada por una intervención educativa enfocada en la desestigmatización y el fortalecimiento de la confianza, mejoraría significativa en la tasa de detección temprana del cáncer cervicouterino, con impacto directo en la salud de las mujeres.

6. Conclusión

El análisis de las interacciones entre las subzonas neutrosóficas ha revelado patrones significativos relacionados con el conocimiento del PAP test. Se ha observado que un conocimiento claro y preciso sobre el examen promueve prácticas preventivas regulares, mientras que un conocimiento parcial o contradictorio tiende a generar conductas preventivas irregulares. Por tanto, se debe abordar los vacíos informativos y áreas críticas, como la falta de confianza en la eficacia del examen y la postergación de su realización.

A través de este estudio, se ha identificado que la falta de confianza en la eficacia del PAP test constituye un obstáculo crítico que limita la participación en el examen. A pesar de que se han propuesto algunas estrategias educativas, es necesario reforzar la confianza en la utilidad del examen, al superar las barreras socioculturales que aún persisten. Por tanto, las intervenciones deben centrarse en proporcionar información clara y accesible, al eliminar mitos y promover la necesidad de la detección temprana.

La propuesta educativa virtual, que utiliza plataformas digitales para difundir información precisa, interactiva y accesible, tiene el potencial de transformar la percepción y la práctica del PAP test entre las mujeres. Esta estrategia superaría las barreras críticas identificadas, como la falta de confianza en la eficacia del examen y la postergación de su realización. La implementación de intervenciones educativas mediante estas plataformas contribuye a reducir los vacíos de conocimiento y facilita la adopción de prácticas preventivas de salud. De modo que mejora la detección temprana del cáncer de cuello uterino y, a su vez, prevenir sus consecuencias más graves. No obstante, futuras investigaciones deberían evaluar mediante el IADOV neutrosófico refinado como las barreras estructurales interactúan con los factores identificados en este estudio

Referencias

[1] R. C. Chidebe, A. Osayi, and J. S. Torode, "The Global Fund, Cervical Cancer, and HPV infections: what can low- and middle-income countries do to accelerate progress by 2030?," *EClinicalMedicine,* vol. 81, no. March pp. 1-6, 2025. [Online]. Available: https://www.thelancet.com/journals/eclinm/article/PIIS2589-5370(25)00059-8/fulltext.

[2] B. Serrano, R. Ibáñez, C. Robles, P. Peremiquel-Trillas, S. de Sanjosé, and L. Bruni, "Worldwide use of HPV self-sampling for cervical cancer screening," *Preventive Medicine,* vol. 154, no. January, pp. 1-6, 2022/01/01/ 2022. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0091743521004734.

[3] J. C. González-Rodríguez, A. Cruz-Valdez, and V. Madrid-Marina, "Cervical cancer prevention by vaccination," *Frontiers in Oncology,* vol. 14, no. April, pp. 1-5, 2024. [Online]. Available: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11075630/.

[4] H. Camgoz Akdag, A. Menekse, and F. Sahin, "Cervical cancer risk assessment using machine learning integrated fuzzy MCDM methodology," *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems,* vol. 46, no. 2, pp. 4573-4592, 2024. [Online]. Available: https://content.iospress.com/articles/journal-of-intelligent-and-fuzzy-systems/ifs234647.

[5] H. Yang, W. Aydi, N. Innab, M. E. Ghoneim, and M. Ferrara, "Classification of cervical cancer using Dense CapsNet with Seg-UNet and denoising autoencoders," *Scientific Reports,* vol. 14, no. 1, p. 31764, 2024. [Online]. Available: https://www.nature.com/articles/s41598-024-82489-2.

[6] J. S. Torres-Roman *et al.*, "Cervical cancer mortality in Peru: regional trend analysis from 2008–2017," *BMC Public Health,* vol. 21, no. 219, pp. 1-10, 2021. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s12889-021-10274-1.

[7] L. Zhou, Y. Li, H. Wang, R. Qin, Z. Han, and R. Li, "Global cervical cancer elimination: quantifying the status, progress, and gaps," *BMC medicine,* vol. 23, no. 1, p. 67, 2025. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s12916-025-03897-3.

[8] G. D. García Muentes, F. Abdul Latif, C. C. Beltrán Rodríguez, S. Medina González, and J. C. Ruiz Cabezas, "High frequency of HPV high-risk preventable genotypes in Ecuadorian women with invasive cervical cancer," *Revista Panamericana de Salud Pública,* vol. 48, no. January, p. e128, 2025. [Online]. Available: https://www.scielosp.org/article/rpsp/2024.v48/e128/.

[9] M. A. Qathrady *et al.*, "A Novel Web Framework for Cervical Cancer Detection System: A Machine Learning Breakthrough," *IEEE Access,* vol. 12, pp. 41542-41556, 2024. [Online]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10472052.

[10] M. Anousouya Devi, J. I. Sheeba, and K. S. Joseph, "Neutrosophic graph cut-based segmentation scheme for efficient cervical cancer detection," *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences,* vol. 34, no. 1, pp. 1352-1360, 2022/01/01/ 2022. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319157818304506.

[11] P. E. Castle, "Looking Back, Moving Forward: Challenges and Opportunities for Global Cervical Cancer Prevention and Control," *Viruses,* vol. 16, no. 9, p. 1357, 2024. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/1999-4915/16/9/1357.

[12] V. V. Sahasrabuddhe, "Cervical Cancer: Precursors and Prevention," *Hematology/Oncology Clinics,* vol. 38, no. 4, pp. 771-781, 2024. [Online]. Available: https://www.hemonc.theclinics.com/article/S0889-8588(24)00032-7/abstract.

[13] D. E. d. O. B. Lima, N. S. Gemaque, C. F. Negrão, and T. d. S. Marques, "Women's Knowledge about Papanicolaou Test," *Revista Brasileira de Cancerologia,* vol. 70, no. 1, pp. e-054393, 2025. [Online]. Available: https://www.scielo.br/j/rbcan/a/mFHPfz7sxwJdwwYrLCQN5wC/?format=html&lang=en.

[14] E. González Caballero, M. Leyva Vázquez, and F. Smarandache, "On neutrosophic uninorms," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 45, no. 2021, pp. 340-348, 2021. [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol45/iss1/22.

[15] S. Dhouib, "Optimization of travelling salesman problem on single valued triangular neutrosophic number using dhouib-matrix-TSP1 heuristic," *International Journal of Engineering,* vol. 34, no. 12, pp. 2642-2647, 2021. [Online]. Available: https://www.ije.ir/article_137445.html.

[16] T. A. Al-Tamimi, L. A. Al-Swidi, and A. H. Al-Obaidi, "New Concepts in Partner Multineutrosophic Topological Space," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 24, no. 3, p. 172, 2024. [Online]. Available: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A1%3A16610129/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A180913659&crl=c&link_origin=scholar.google.es.

[17] S. Bhuvaneswari, G. Kavitha, and D. Nagarajan, "Rule-Based Neutrosophic Triplet Refined Interval-Valued Data Partition Analyzing The Movement of Stock Market Price," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 82, no. 2025, pp. 398-413, 2025. [Online]. Available: https://fs.unm.edu/nss8/index.php/111/article/download/6014/2476.

[18] N. Silega, G. Aguilar, I. Alcívar, and K. Colombo, "Applying Neutrosophic Iadov Technique for assessing an MDD-based approach to support software design," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 19, no. 2, pp. 80-86, 2022. [Online]. Available: https://americaspg.com/articleinfo/21/show/1340.

[19] V. V. FalcÃ³n, J. L. T. Espinoza, and L. O. A. Zambrano, "Managing Contradictions in Software Engineering Investigations using the Neutrosophic IADOV Method," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 44, no. April, pp. 100-107, 2021. [Online]. Available: https://fs.unm.edu/nss8/index.php/111/article/download/2700/1174.

[20] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[21] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[22] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[23] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[24] von Feigenblatt, O. F. “Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth”. Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[25] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. “Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes”. Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[26] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. “Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador”. Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 19, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Prevención de infecciones fúngicas en pacientes con prótesis parciales mediante SVMNS Entropy-SMART

Prevention of fungal infections in patients with partial dentures using SVMNS Entropy-SMART

Mariuxi Alexandra González Torres [1], María Fernanda Reinoso Benavides [2], and Jeimy Nicole Jaramillo Paredes [3]

[1]Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra, Ecuador. ui.mariuxigt05@uniandes.edu.ec
[2]Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra, Ecuador. mariarb81@uniandes.edu.ec
[3]Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra, Ecuador. jeimyjp85@uniandes.edu.ec

Resumen. La presencia de Candida en pacientes portadores de prótesis parciales removibles ha representado un desafío para la salud bucal, dada su alta prevalencia y potencial para generar infecciones orales. Por ello, el presente estudio se orientó en evaluar la prevalencia de especies de Candida en pacientes con prótesis parciales removibles y su relación con la higiene bucal, a partir de un estudio observacional. Así como, el empleo del método combinado Entropía-SMART Multineutrosófico en el análisis de factores asociados a la proliferación de hongos. Se determinó que Candida albicans fue la especie más frecuente, seguida de Candida glabrata. Por otro lado, el análisis multineutrosófico corroboró la relación entre la higiene bucal deficiente y la proliferación de Candida. En conclusión, los resultados demostraron la necesidad de promover la higiene bucal, al implementar programas educativos. Además de realizar controles odontológicos regulares para prevenir la proliferación de Candida en pacientes con prótesis parciales removibles.

Palabras Claves: higiene oral, infecciones fúngicas, prevención de candidiasis, SVMNS Entropía-SMART.

Abstract. The presence of Candida in patients with removable partial dentures has posed a challenge to oral health due to its high prevalence and potential to cause oral infections. Consequently, this study aimed to assess the prevalence of Candida species in patients with removable partial dentures and their relationship with oral hygiene, based on an observational study. Additionally, the combined Neutrosophic Multientropy-SMART method was employed to analyze factors associated with fungal proliferation. It was determined that Candida albicans was the most frequent species, followed by Candida glabrata. On the other hand, the neutrosophic analysis confirmed the association between poor oral hygiene and Candida proliferation. In conclusion, the findings highlighted the need to promote oral hygiene through educational programs. Moreover, regular dental check-ups are essential to prevent Candida proliferation in patients with removable partial dentures.

Keywords: HBV, oral hygiene, fungal infections, candidiasis prevention, SVMNS Entropy-SMART.

1 Introducción

El estudio de las infecciones orales causadas por *Candida* ha adquirido una creciente relevancia dentro del campo de la odontología, particularmente en pacientes que emplean prótesis parciales removibles [1]. Aunque estas prótesis representan una opción eficaz para la restauración de la función masticatoria y la mejora estética, crean un entorno favorable para la proliferación de *Candida* debido a su contacto continuo con las mucosas bucales y la retención de humedad bajo las prótesis [2].

Candida, una levadura oportunista, se encuentra de manera habitual en la microbiota oral, sin embargo, bajo condiciones específicas, tales como la acumulación de biofilm, la reducción del flujo salival y los cambios en el pH local, esta levadura proliferan y ocasionan infecciones [3]. Este fenómeno se ve facilitado por el uso de prótesis parciales removibles, que generan un microambiente propicio para el crecimiento de Candida [4]. Adicionalmente, la falta de una adecuada higiene bucal incrementa considerablemente el riesgo de candidiasis oral. De modo que

se deben de implementar medidas preventivas y educativas para reducir los riesgos asociados a este tipo de infecciones.

Investigaciones previas han identificado que las áreas de la cavidad bucal más afectadas por las infecciones de *Candida* son la lengua y las encías, en gran parte debido a su contacto constante con la prótesis y sus características anatómicas particulares [5]. Asimismo, se ha evidenciado que *Candida albicans* posee una mayor capacidad de adherencia y penetración en comparación con otras especies de *Candida*, lo que facilita su transformación de levadura a micelio, al favorecer su proliferación. De hecho, el aumento en la utilización de prótesis parciales removibles debido al envejecimiento de la población y la alta prevalencia de pérdida dental, origina la necesidad de mecanismos de prevención y tratamiento relacionados con la candidiasis asociada [6,15].

Por tanto, el propósito de este estudio es evaluar la prevalencia de diversas especies de *Candida* en pacientes que utilizan prótesis parciales removibles. Así como proporcionar información crucial que permita un manejo adecuado de las infecciones orales asociadas a estas prótesis, al contribuir a mejorar la calidad de vida de los pacientes mediante la implementación de soluciones basadas en la evidencia disponible.

Para el desarrollo del estudio, se deben considerar los artículos relacionados con infecciones por hongos del Candida en pacientes con prótesis parciales removibles a partir de diversas fuentes académicas. Así como determinar la influencia de diversos factores que favorecen la colonización y proliferación de este hongo en la cavidad bucal [7]. Para ello, es necesario la aplicación del método combinado Entropía-SMART Multineutrosófico (SVMNS Entropía-Smart) para evaluar el impacto de cada factor por diversos recursos (especialistas y criterios obtenidos de artículos académicos), a partir de diversos parámetros de medición. De modo que el resultado obtenido aporte conocimiento esencial para el diseño de estrategias preventivas y terapéuticas eficaces.

2. Métodos

2.1. Alcance de la investigación.

La investigación adoptó un enfoque metodológico descriptivo para analizar la prevalencia de las especies de Candida en pacientes con prótesis parciales removibles, enfocándose en la frecuencia de estas infecciones en la odontología protésica. Se seleccionaron artículos académicos que relacionaran el uso de prótesis parciales removibles con la presencia de Candida en la cavidad bucal, al excluir aquellos que no abordaban directamente este tema. Además, se utilizó el método combinado Entropía-SMART Multineutrosófico (SVMNS Entropía-SMART) para evaluar el impacto de los factores que favorecen la proliferación de este hongo, al emplear recursos como especialistas y artículos académicos consultados. Para el desarrollo del estudio, se proponen la siguiente secuencia en el epígrafe 3. *Prevalencia de Candida en pacientes con prótesis removibles*:

- 3.1 Manifestación clínica.
- 3.2 Determinar los factores en la prevalencia de Candida en pacientes portadores de prótesis parciales removibles. Así como la evaluación y obtención de los pesos de importancia de cada parámetro (P_J) respecto a los factores identificados.
- 3.2.1 Evaluación de cada parámetro: Modelación del SVMNS Entropía.
- 3.2.2 Evaluación de los factores: Modelación del SVMNS SMART.
    - Acciones para mitigar la prevalencia de Candida en pacientes con prótesis parciales removibles.

2.2. Conjunto multineutrosófico

Definition 1 [8]. The *Neutrosophic set N* is characterized by three membership functions, which are the truth-membership function T_A, indeterminacy-membership function I_A, and falsity-membership function F_A, where U is the Universe of Discourse and $\forall x \in U$, $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \subseteq]^{-}0, 1^{+}[$, and $^{-}0 \leq \inf T_A(x) + \inf I_A(x) + \inf F_A(x) \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \leq 3^{+}$.

See that according to the definition, $T_A(x), I_A(x)$, and $F_A(x)$ are real standard or non-standard subsets of $]^{-}0, 1^{+}[$ and hence, $T_A(x), I_A(x)$ and $F_A(x)$ can be sub-intervals of $[0, 1]$. $^{-}0$ and 1^{+} belong to the set of hyperreal numbers.

Definition 2. The *Single-Valued Neutrosophic Set* (SVNS) A over U is $A = \{< x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) > : x \in U\}$, where $T_A: U \rightarrow [0, 1]$, $I_A: U \rightarrow [0, 1]$ and $F_A: U \rightarrow [0, 1]$. $0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$.

Los CNVU surgieron con la idea de aplicar los conjuntos neutrosóficos con fines prácticos. Algunas operaciones entre NNVU se expresan a continuación:

Dados A1 = (a1, b1, c1) y A2 = (a2, b2, c2) dos NNVU se tiene que la suma entre A1 y A2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1 + a_2 - a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2) \tag{1}$$

Dados $A1 = (a1, b1, c1)$ y $A2 = (a2, b2, c2)$ dos NNVU se tiene que la multiplicación entre A1 y A2 se define como:

$$A_1\ A_2 = (a_1a_2, b_1{+}b_2 - b_1b_2, c_1 + c_2 - c_1c_2) \tag{2}$$

El producto por un escalar positivo con un NNVU, A = (a, b, c) se define por:

$$A = (1 - (1 - a), b, c) \tag{3}$$

The *Single-Valued Neutrosophic Number* (SVNN) is symbolized by
$N = (t, i, f)$, such that $0 \leq t, i, f \leq 1$ and $0 \leq t + i + f \leq 3$.

Definition 3 ([9])**.** The MultiNeutrosophic Set (or Subset MultiNeutrosophic Set SMNS).

Let $\mathcal{U}$ be a universe of discourse and M a subset of it. Then, a MultiNeutrosophic Set is: $M = \{x, x(T_1, T_2, \ldots, T_p; I_1, I_2, \ldots, I_r; F_1, F_2, \ldots, F_s)\}, x \in U,$

where p, r, s are integers $\geq 0, p + r + s = n \geq 2$ and at least one of $p, r, s\ is \geq 2$, in order to ensure the existence of multiplicity of at least one neutrosophic component: truth/membership, indeterminacy, or falsehood/nonmembership; all subsets $T_1, T_2, \ldots, T_p; I_1, I_2, \ldots, I_r; F_1, F_2, \ldots, F_s \subseteq [0,1]$;

$0 \leq \sum_{j=1}^{p} inf\ T_j + \sum_{k=1}^{r} inf\ I_k + \sum_{l=1}^{s} inf\ F_l \leq \sum_{j=1}^{p} sup\ T_j + \sum_{k=1}^{r} sup\ I_k + \sum_{l=1}^{s} sup\ F_l \leq n.$

No other restrictions apply on these neutrosophic multicomponents.

$T_1, T_2, \ldots, T_p$ are multiplicities of the truth, each one provided by a different source of information (expert).

Similarly, $I_1, I_2, \ldots, I_r$ are multiplicities of the indeterminacy, each one provided by a different source.

And $F_1, F_2, \ldots, F_s$ are multiplicities of the falsehood, each one provided by a different source.

The Degree of MultiTruth (MultiMembership), also called *MultiDegree of Truth*, of the element x with respect to the set M are $T_1, T_2, \ldots, T_p$.

the Degree of MultiIndeterminacy (MultiNeutrality), also called *MultiDegree of Indeterminacy*, of the element x with respect to the set M are $I_1, I_2, \ldots, I_r$.

and the Degree of MultiFalsehood (MultiNonmembership), also called *MultiDegree of Falsehood*, of element x with respect to the set M are $F_1, F_2, \ldots, F_s$.

All these $p + r + s = n \geq 2$ are assigned by n sources (experts) that may be:

- either totally independent;
- or partially independent and partially dependent;
- or totally dependent; according or as needed to each specific application.

A generic element x with regard to the MultiNeutrosophic Set A has the form:

$x(T_1, T_2, \ldots, T_p;$	$I_1, I_2, \ldots, I_r;$	$F_1, F_2, \ldots, F_s)$
multi-truth	multi-indeterminacy	multi-falsehood

In many particular cases $p = r = s$, and a source (expert) assigns all three degrees of truth, indeterminacy, and falsehood T_j, I_j, F_j for the same element.

Definition 4. Ranking of n-valued MultiNeutrosophic types of the same (p, r, s)-form.

$(T_1, T_2, \ldots, T_p; I_1, I_2, \ldots, I_r; F_1, F_2, \ldots, F_s)$, where p, r, s are integers ≥ 0, and $p + r + s = n \geq 2$, and at least one of $p, r, s \geq 2$ to be sure that it has multiplicity for at least one neutrosophic component (either truth, or indeterminacy, or falsehood).

It proposes an easier n-ranking, but this is rather an approximation. Let's compute the following.

Average positivity (4).

$$\frac{\sum_{j=1}^{p} T_j + \sum_{k=1}^{r}(1 - I_k) + \sum_{e=1}^{s}(1 - F_e)}{p + r + s} \tag{4}$$

Average (Truth-Falsehood) (5)

$$\frac{\sum_{j=1}^{p} T_j + \sum_{e=1}^{s}(1 - F_e)}{p + s} \tag{5}$$

Average Truth (6).

$$\frac{\sum_{j=1}^{p} T_j}{p} \tag{6}$$

Definition 5. Ranking n-valued MultiNeutrosophic tuples of different (p, r, s)–forms.

Let's consider two n-valued multi neutrosophic tuples of the forms (p_1, r_1, s_1) and respectively (p_2, r_2, s_2), where $p_1, r_1, s_1, p_2, r_2, s_2$ are integers ≥ 0, and $p_1 + r_1 + s_1 = n_1 \geq 2$, and at least one of $p_1, r_1, s_1 is \geq 2$, to be sure that we have multiplicity for at least one neutrusophic component (either truth, or indeterminacy, or falsehood); similarly $p_2 + r_2 + s_2 = n_2 \geq 2$, and at least one of $p_2, r_2, s_2\ is \geq 2$.

Let's take the following Single-Valued Multi Neutrosophic Tulpes (SVMNT):

$SVMNT = (T_1, T_2, \ldots, T_p; I_1, I_2, \ldots, I_r; F_1, F_2, \ldots, F_s)$ of $(p_1, r_1, s_1) - form$, and

$SVMNT' = (T'_1, T'_2, \ldots, T'_p; I'_1, I'_2, \ldots, I'_r; F'_1, F'_2, \ldots, F'_s)$ of $(p_1, r_1, s_1) - form$.

It makes the classical averages of truth (T_a), indeterminancies (I_a) and falsehood (F_a), respectively for $SVMNT = (T_a, I_a, F_a)$ and the averages of truths (T_a), indeterminancies (I_a) and falsehood (F_a) respectively for:

$SVMNT = (T'_a, I'_a, F'_a)$. And then it applies the Score (S), Accuracy (A), and Certainty (C) Functions, as for the single valued neutrosophic set:

Compute the Score Function (average of positiveness) (7).

$$S(T_a, I_a, F_a) = \frac{T_a + (1 - I_a) + (1 - F_a)}{3}$$
$$S(T'_a, I'_a, F'_a) = \frac{T'_a + (1 - I'_a) + (1 - F'_a)}{3} \quad (7)$$

i. If $S(T_a, I_a, F_a) \geq S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
ii. If $S(T_a, I_a, F_a) \leq S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
iii. And if $S(T_a, I_a, F_a) = S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$, then go to the second step.

Compute the Accuracy Function (difference between the truth and falsehood) (8).

$$A(T_a, I_a, F_a) = T_a - F_a$$
$$A(T'_a, I'_a, F'_a) = T'_a - F'_a \quad (8)$$

i. If $A(T_a, I_a, F_a) \geq A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
ii. If $A(T_a, I_a, F_a) \leq A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
iii. And if $A(T_a, I_a, F_a) = A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$, then go to the third step.

3. Compute the Certainty Function (truth) (9).

$$C(T_a, I_a, F_a) = T_a$$
$$C(T'_a, I'_a, F'_a) = T'_a \quad (9)$$

i. If $C(T_a, I_a, F_a) \geq C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
ii. If $C(T_a, I_a, F_a) \leq C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
iii. And if $C(T_a, I_a, F_a) = C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$ are multi-neutrosophically equal, i.e $T_a = T'_a, I_a = I'_a, F_a = F'_a$, or their corresponding truth, indeterminancy, and falsehood averages are equal.

Definition 6. In cases some sources have a greater weight in evaluation than others, one uses the weighted averages, indexed as T_{wa}, I_{ua}, F_{va} and $T'_{wa}, I'_{ua}, F'_{va}$, respectively. Because the sources may be independent or partially independent, the sum of weights should not necessarily be equal to 1. As such:

i. $w_1, w_2, \dots, w_p \in [0,1]$, while the sum $w_1 + w_2 + \cdots + w_p$ may be $< 1, or\ = 1, or\ > 1$.
ii. $u_1, u_2, \dots, u_p \in [0,1]$, while the sum $u_1 + u_2 + \cdots + u_p$ may be $< 1, or\ = 1, or\ > 1$.
iii. $v_1, v_2, \dots, v_p \in [0,1]$, while the sum $v_1 + v_2 + \cdots + v_p$ may be $< 1, or\ = 1, or\ > 1$.

And, similarly, one applies the Score, Accuracy, and Certainty Functions on these weighted averages to rank them.

2.2. SVMNS Entropía

El Método de Entropía Multineutrosófico (SVMNS Entropía) aplicado en este estudio evalúa los factores que afectan la colonización de Candida en pacientes con prótesis parciales removibles, al incorporar la indeterminación en el análisis. La entropía mide la diversidad en las evaluaciones de los criterios relacionados con las infecciones, al aumentar cuando los valores son más homogéneos, lo que ayuda a discriminar entre factores y determinar la importancia de cada parámetro propuesto. Al integrar la entropía con la multineutrosofía, el método mejora al implementar múltiples evaluaciones sobre cada elemento neutrosófico (verdad, indeterminación y falsedad), así como apoyo en el diseño de estrategias preventivas y terapéuticas contra esta afección analizada en este estudio [10,16] [11]. Para la modelación del método SVMNS Entropía, se calcula en los siguientes pasos:

Paso 1. Construcción de la matriz de decisión

Paso 2. Cálculo de la matriz de decisión normalizada P_{ij}, el objetivo de la normalización es obtener valores sin dimensiones de diferentes criterios para hacer comparaciones entre ellos. Se calcula usar la Ecuación (10).

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}} \quad (10)$$

Paso 3. Cálculo de la entropía E_j, mediante la Ecuación (11)

$$E_j = -k\left(\sum_{i=1}^{m} P_{ij} ln(p_{ij})\right), donde\ t = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (11)$$

Donde $k = \frac{1}{\ln m}$ es una constante que garantiza $0 \leq E_j \leq 1$ y m es el número de alternativas.

Paso 4. Cálculo de la diversidad de criterio D_j, la Ecuación (12) permite calcular este parámetro.

$$D_j = 1 - E_j \tag{12}$$

Paso 5. Cálculo del peso normalizado de cada criterio W_j, mediante la Ecuación (13).

$$W_j = \frac{D_j}{\sum_{i=1}^{m} D_j} \tag{13}$$

2.2. Método SMART Multineutrosófico de Valor Único (SVMNS SMART).

El método SVMNS SMART armoniza la metodología SMART (Specific, Measurable, Achievable, Relevant y Timely) con la multineutrosofía, que se integra para incluir la indeterminación de la información en los elementos, objetivos, alternativas o soluciones a definir [12,17], a partir de múltiples evaluaciones respecto un criterio dado. De modo que el valor de importancia de cada alternativa se obtiene a través de la función Score (S), definido en la ecuación (7) de la metodología propuesta. A continuación, se procede a definir los pasos para la modelación de método:

Paso 1: Definir la matriz de decisión al incluir el peso del criterio (ver figura 1).

$$\begin{array}{c} \\ \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} Q_1 & Q_2 & \dots & Q_j & \dots & Q_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} w_1 & w_2 & \dots & w_j & \dots & w_n \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{array}$$

Figura 1: Matriz de decisión método SMART. Fuente: Elaboración propia.

Paso 2: Transformación de las evaluaciones a una escala de utilidad con valores entre 0 y 100.

$$u_{ij} = \frac{100 \cdot (x_{ij} - M_j)}{R_j} \tag{14}$$

Donde $M_j = \min x_{ij}$, para $i = 1, \dots, m$ y $R_j = \max x_{ij} - \min x_{ij}$, para $i = 1, \dots, m$

Paso 3: Cálculo de los pesos w_j'.

$$w_j' = \frac{w_j \cdot R_j}{\sum_{j=1}^{n} w_j \cdot R_j} \tag{15}$$

Paso 4: Cálculo de la utilidad de cada alternativa (ver figura 2).

$$\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} C_1 & C_2 & \dots & C_j & \dots & C_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \dots & u_{1j} & \dots & u_{1n} \\ u_{21} & u_{22} & \dots & u_{2j} & \dots & u_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{i1} & u_{i2} & \dots & u_{ij} & \dots & u_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{m1} & u_{m2} & \dots & u_{mj} & \dots & u_{mn} \end{bmatrix} \end{array} \text{x} \quad \begin{bmatrix} w_1' \\ w_2' \\ \vdots \\ w_j' \\ \vdots \\ w_n' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{A1} \\ u_{A2} \\ \vdots \\ u_{Aj} \\ \vdots \\ u_{Am} \end{bmatrix}$$

Figura 2: Matriz de decisión método SMART. Fuente: Elaboración propia.

3. Prevalencia de Candida en pacientes con prótesis removibles.

3.1 Manifestación clínica.

Los resultados obtenidos en este estudio resaltan que *Candida albicans* es la especie predominante en pacientes con prótesis oral, mientras que otras especies como *Candida glabrata*, *Candida tropicalis* y *Candida dubliniensis*

se encuentran en menor frecuencia. Estas observaciones sugieren la necesidad de implementar estrategias preventivas y terapéuticas específicamente dirigidas a la infección por *Candida albicans* en pacientes que utilizan prótesis dentales, debido a su alta prevalencia en esta población. Entre los principales resultados se observa:

1. Prevalencia de *Candida albicans*: En el análisis realizado, *Candida albicans* fue identificada en el 76,70% de los pacientes. De hecho, demuestra que *Candida albicans* es la especie más prevalente en la muestra estudiada, al superar de manera significativa a las otras especies de *Candida* evaluadas.
2. Prevalencia de *Candida glabrata*: La especie *Candida glabrata* fue detectada en el 13,30% de los pacientes. Esta proporción indica que *Candida glabrata* tiene una prevalencia considerablemente menor en comparación con *Candida albicans* y otras especies de *Candida*.
3. Prevalencia de *Candida tropicalis*: Un 6,70% de los pacientes presentó *Candida tropicalis*. Esta especie muestra una menor frecuencia en la población estudiada, lo que la coloca como una de las menos comunes entre los portadores de prótesis oral.
4. Prevalencia de *Candida dubliniensis*: *Candida dubliniensis* se observó en el 3,30% de los pacientes, al indicar que esta especie tiene una de las prevalencias más bajas en la muestra analizada.

3.2 Factores en la prevalencia de Candida en pacientes portadores de prótesis parciales removibles.

La prevalencia de *Candida* en pacientes con prótesis parciales removibles está influenciada por diversos factores que favorecen la colonización y proliferación de este hongo en la cavidad bucal. Estos factores se clasifican en cinco grandes categorías: factores relacionados con el paciente, factores asociados a las características de la prótesis, factores ambientales, factores de higiene bucal y factores relacionados con la salud del paciente (ver tabla 1).

Tabla 1: Factores que favorecen la prevalencia de Candida. Fuente: Elaboración propia.

Factor	Subcategoría	Descripción
Factores de higiene bucal (F1)	Deficiente limpieza de la prótesis	La acumulación de placa bacteriana y restos alimenticios en la prótesis crea un sustrato ideal para el crecimiento de Candida.
	Inadecuada higiene oral	La falta de una limpieza adecuada de la mucosa bucal, lengua y encías contribuye a la mayor colonización fúngica en la cavidad oral.
	Ausencia de chequeos odontológicos periódicos	La falta de control profesional limita la detección temprana de factores predisponentes, como lesiones en la mucosa o el deterioro de la prótesis.
Factores relacionados con el paciente (F2)	Edad avanzada	La disminución de la producción de saliva y alteraciones en el sistema inmunológico en personas mayores favorecen la proliferación de Candida.
	Condiciones sistémicas	Enfermedades crónicas como diabetes mellitus, inmunodepresión y trastornos nutricionales crean un entorno propicio para el crecimiento fúngico.
	Uso de medicamentos	El consumo prolongado de antibióticos, corticosteroides e inmunosupresores altera el equilibrio microbiano, al facilitar la colonización por Candida.
	Desbalances en el microbiota oral	Alteraciones en la flora bacteriana normal, como la reducción de bacterias competidoras, facilitan el sobrecrecimiento de Candida.
Factores ambientales (F3)	Ambientes cálidos y húmedos	Condiciones de humedad prolongada en la cavidad bucal favorecen la proliferación de Candida.
	Dieta rica en carbohidratos	El consumo excesivo de azúcares crea un ambiente favorable para el crecimiento fúngico, al favorecer la colonización de Candida.
Factores asociados a las características de la prótesis (F4)	Material de la prótesis	Las prótesis acrílicas tienen superficies porosas que favorecen la retención de biofilm, al crear un ambiente propicio para el crecimiento de Candida.
	Ajuste deficiente de la prótesis	Las prótesis mal ajustadas generan microtraumatismos en la mucosa oral, lo que facilita la invasión fúngica.
	Uso prolongado de la prótesis	El uso extendido de la prótesis, especialmente durante el sueño, impide la adecuada oxigenación de los tejidos bucales, al aumentar el riesgo de infección por Candida.

Factor	Subcategoría	Descripción
Factores relacionados con la salud del paciente (F5)	Sistema inmune comprometido	La inmunosupresión, ya sea por enfermedades o tratamientos médicos, facilita la proliferación de Candida en la cavidad bucal.

Para medir cada factor, se proponen 5 parámetros P_j, que permiten determinar el grado de influencia de cada factor en la prevalencia de Candida y su peso relativo. A continuación, se presenta la matriz de decisión:

- Grado de higiene oral (P1): Evaluación de la regularidad y calidad de la limpieza de la prótesis y la cavidad bucal en general.
- Calidad del material de la prótesis (P2): Los materiales que no permiten una adecuada ventilación, o que son porosos, favorecen la colonización de Candida en las prótesis.
- Condiciones sistémicas del paciente (P3): La presencia de enfermedades crónicas como diabetes o problemas inmunitarios aumenta el riesgo de colonización por Candida, ya que debilitan las defensas del paciente.
- Frecuencia de uso de la prótesis (P4): Se mide el tiempo que el paciente utiliza la prótesis, ya sea durante el día o la noche.
- Presencia de comorbilidades (P5): Evaluación de enfermedades asociadas como trastornos de la nutrición, cáncer, o infecciones previas que predispongan al paciente a infecciones fúngicas.

3.2.1 Evaluación de cada parámetro: Modelación del SVMNS Entropía.

Estos parámetros permiten evaluar cada factor para determinar diversas acciones en el manejo de la Candida pacientes portadores de prótesis parciales removibles. De hecho, cada parámetro se evaluó mediante el método SVMNS Entropía (ver tablas 2 y 3) (ver figura 3).

Tabla 2: Matriz de evaluación de la SVMNS Entropía. Fuente: Elaboración propia.

Factor	P1	P2	P3
F1	({0.1,0.3},{0.4,0.6,0.8},{0.3,0.3})	({0.4,0.6},{0.1,0.7,0.3},{0.2,0.9})	({0.3,0.8},{0.4,0.2,0.3},{0.6,0.3})
F2	({0.3,0.7},{0.2,0.5,0.9},{0.4,0.4})	({0.5,0.1},{0.1,0.6,0.9},{0.1,0.8})	({0.2,0.2},{0.1,0.9,0.6},{0.2,0.7})
F3	({0.7,0.7},{0.7,0.3,0.5},{0.6,0.6})	({0.4,0.5},{0.8,0.5,0.7},{0.3,0.1})	({0.5,0.6},{0.2,0.2,0.3},{0.9,0.7})
F4	({0.2,0.1},{0.1,0.5,0.4},{0.2,0.9})	({0.5,0.6},{0.6,0.2,0.1},{0.1,0.5})	({0.7,0.8},{0.5,0.3,0.1},{0.1,0.8})
F5	({0.3,0.5},{0.3,0.8,0.4},{0.4,0.9})	({0.1,0.2},{0.3,0.7,0.8},{0.9,0.9})	({0.2,0.2},{0.9,0.8,0.3},{0.1,0.2})

Tabla 3: Matriz de evaluación de la SVMNS Entropía (continuación). Fuente: Elaboración propia.

Factor	P4	P5
F1	({0.3,0.8},{0.4,0.2,0.3},{0.6,0.3})	({0.9,0.8},{0.2,0.3,0.7},{0.3,0.1})
F2	({0.2,0.2},{0.1,0.9,0.6},{0.2,0.7})	({0.7,0.1},{0.5,0.5,0.1},{0.9,0.6})
F3	({0.5,0.6},{0.2,0.2,0.3},{0.9,0.7})	({0.9,0.4},{0.1,0.3,0.5},{0.7,0.7})
F4	({0.7,0.8},{0.5,0.3,0.1},{0.1,0.8})	({0.9,0.1},{0.6,0.7,0.2},{0.8,0.3})
F5	({0.2,0.2},{0.9,0.8,0.3},{0.1,0.2})	({0.7,0.8},{0.8,0.4,0.7},{0.2,0.4})

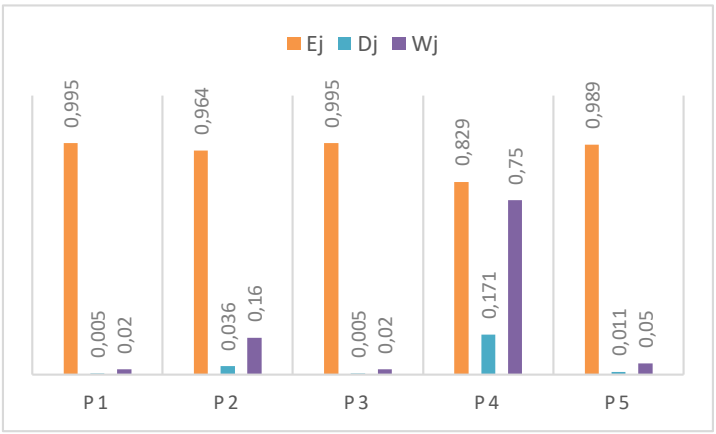


Figura 3: Cálculo E_j, D_j, W_j según el método SVMNS Entropía. Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados: El uso frecuente de la prótesis (0.75) y la calidad del material (0.16) son los parámetros (P_j) más influyentes en la prevalencia de *Candida* en pacientes con prótesis parciales removibles, según los criterios definidos. La higiene bucal y las condiciones sistémicas juegan un papel secundario, pero aún son importantes para el manejo y prevención de infecciones por *Candida*.

3.2.2 Evaluación de los factores: Modelación del SVMNS SMART

Para evaluar y clasificar el peso de importancia de los factores internos se procede a modelar el método SVMNS SMART (ver tabla 4 a la 6).

Tabla 4: Matriz de decisión. Fuente: Elaboración propia.

Factor	**P1**	**P2**	**P3**
w_j	0.02	0.16	0.02
F1	({0.7,0.5,0.6},{0.6,0.3},{0.9,0.4})	({0.4,0.4,0.4},{0.5,0.8},{0.2,0.4})	({0.3,0.8,0.6},{0.3,0.1},{0.1,0.3})
F2	({0.1,0.7,0.6},{0.6,0.6},{0.8,0.8})	({0.2,0.3,0.6},{0.7,0.9},{0.6,0.4})	({0.6,0.5,0.6},{0.3,0.1},{0.9,0.8})
F3	({0.5,0.1,0.7},{0.5,0.8},{0.7,0.9})	({0.7,0.7,0.1},{0.8,0.3},{0.5,0.3})	({0.1,0.9,0.5},{0.5,0.8},{0.3,0.8})
F4	({0.8,0.5,0.2},{0.8,0.5},{0.5,0.1})	({0.7,0.9,0.4},{0.9,0.2},{0.5,0.7})	({0.1,0.9,0.9},{0.6,0.1},{0.5,0.8})
F5	({0.6,0.5,0.3},{0.1,0.7},{0.8,0.1})	({0.6,0.1,0.9},{0.9,0.7},{0.4,0.2})	({0.8,0.4,0.8},{0.5,0.3},{0.1,0.4})
Max	({0.6,0.5,0.3},{0.1,0.7},{0.8,0.1})	({0.7,0.7,0.1},{0.8,0.3},{0.5,0.3})	({0.1,0.9,0.9},{0.6,0.1},{0.5,0.8})

Tabla 5: Matriz de decisión (continuación). Fuente: Elaboración propia.

Factor	**P4**	**P5**
w_j	0.75	0.05
F1	({0.3,0.8,0.6},{0.3,0.1},{0.1,0.3})	({0.9,0.9,0.2},{0.4,0.9},{0.2,0.2})
F2	({0.6,0.5,0.6},{0.3,0.1},{0.9,0.8})	({0.4,0.5,0.5},{0.7,0.1},{0.8,0.8})
F3	({0.1,0.9,0.5},{0.5,0.8},{0.3,0.8})	({0.6,0.8,0.7},{0.5,0.9},{0.9,0.1})
F4	({0.1,0.9,0.9},{0.6,0.1},{0.5,0.8})	({0.1,0.8,0.7},{0.4,0.4},{0.7,0.5})
F5	({0.8,0.4,0.8},{0.5,0.3},{0.1,0.4})	({0.3,0.4,0.5},{0.8,0.5},{0.7,0.7})
Max	({0.3,0.8,0.6},{0.3,0.1},{0.1,0.3})	({0.9,0.9,0.2},{0.4,0.9},{0.2,0.2})

Tabla 6: Matriz de utilidad. Fuente: Elaboración propia.

Factor	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**Utilidad**
w_j	0.02	0.16	0.02	0.75	0.05	
M_j	1.84	8.89	0.00	75.00	5.00	
R_j	0.32	0.00	0.00	3.59	1.74	
F1	0.00	16.00	0.67	0.00	3.70	90.73
F2	1.92	14.22	2.00	4.15	3.48	5.65
F3	2.00	12.44	1.50	7.46	0.00	20.36
F4	0.02	0.16	0.02	0.75	0.05	25.77
F5	1.84	8.89	0.00	75.00	5.00	23.41

Análisis de los resultados: Con base en la ponderación de los factores, el análisis demuestra que los aspectos de higiene bucal y características de la prótesis son los factores más cruciales que deben ser atendidos de manera prioritaria. A medida que se avanza en la intervención, es necesario abordar las condiciones sistémicas de salud del paciente, los factores ambientales y, finalmente, los factores relacionados con el paciente, si bien estos últimos tienen un impacto moderado.

La intervención efectiva, por lo tanto, debe centrarse primero en mejorar la higiene bucal y en corregir las características de la prótesis. Posteriormente, debe considerarse el manejo de las comorbilidades y las condiciones que favorecen la proliferación de *Candida* (ver tabla 7).

Tabla 7: Acciones para mitigar la Candida en pacientes con prótesis parciales removibles. Fuente: Elaboración propia.

Factor	Acción	Acción
Higiene bucal (factor de alta prioridad)	Educación continua sobre higiene bucal	Impartir programas educativos para sensibilizar a los pacientes sobre la necesidad de mantener una higiene adecuada de las prótesis y la cavidad bucal.
	Cultivos microbiológicos periódicos	Implementar cultivos microbiológicos para evaluar la presencia de hongos en las prótesis y la cavidad oral. Identificar la proliferación de Candida albicans y desarrollar estrategias de control.
	Limpieza regular de las prótesis	Reforzar la prioridad de limpiar las prótesis después de cada comida, especialmente antes de dormir. Uso de productos especializados para la limpieza de prótesis removibles.
	Uso de enjuagues antimicrobianos	Recomendar el uso de enjuagues con agentes antimicrobianos, como la clorhexidina, para reducir infecciones fúngicas orales.
	Chequeos odontológicos regulares	Reforzar la importancia de asistir a chequeos odontológicos regulares para detectar tempranamente infecciones fúngicas y realizar ajustes necesarios en las prótesis.
Características de la prótesis (factor de alta prioridad)	Ajustes periódicos de la prótesis	Realizar ajustes regulares para garantizar que la prótesis se ajuste correctamente y evitar microtraumatismos en la mucosa oral que favorezcan la colonización fúngica.
	Sustitución de prótesis deterioradas	Considerar la renovación de prótesis viejas o mal adaptadas que faciliten la acumulación de residuos y la proliferación de Candida.
	Selección de materiales de baja porosidad	Fomentar el uso de materiales de prótesis de alta calidad y baja porosidad que dificulten la acumulación de residuos y el crecimiento de Candida.
Condiciones sistémicas del paciente (factor de prioridad moderada)	Control de enfermedades sistémicas	Asegurar que los pacientes con condiciones crónicas, como diabetes mellitus, reciban un control adecuado de su enfermedad para prevenir la colonización fúngica.
	Consulta médica multidisciplinaria	Fomentar la colaboración entre dentistas y médicos de atención primaria para controlar las condiciones sistémicas que puedan aumentar la susceptibilidad a infecciones orales por Candida.
	Suplementación nutricional	Considerar la suplementación con vitaminas y minerales en pacientes con deficiencias nutricionales que puedan comprometer su sistema inmunológico y favorecer el crecimiento de hongos.
Factores ambientales (factor de prioridad baja)	Reducir la exposición a ambientes húmedos	Sugerir que los pacientes retiren sus prótesis durante el sueño para evitar la retención de humedad durante largos períodos.
	Modificación en la dieta	Recomendar que los pacientes reduzcan la ingesta de alimentos con alto contenido de azúcar y carbohidratos, ya que estos son nutrientes ideales para la proliferación de Candida.
Factores relacionados con el paciente (factor de baja prioridad)	Monitoreo en pacientes mayores	Monitorear la producción de saliva en pacientes mayores, al recomendar el uso de sustitutos salivales o gomas de mascar sin azúcar para mejorar la lubricación bucal.
	Tratamiento de la xerostomía	Para pacientes con sequedad bucal, se deben recomendar medidas específicas como el uso de enjuagues hidratantes, gomas de mascar sin azúcar y una mayor ingesta de líquidos.

4. Discusión

Este estudio evaluó la prevalencia de *Candida* en pacientes con prótesis parciales removibles, al encontrar que el 76,7% de los pacientes presentaron *Candida albicans* y el 23,3% otras especies, principalmente *Candida glabrata* y *Candida tropicalis*. La alta prevalencia de *Candida albicans* concuerda con estudios previos, al destacar su capacidad para formar biopelículas y resistir las defensas del huésped. Aunque *Candida glabrata* y *Candida tropicalis* fueron menos comunes, también contribuye a la candidiasis oral, en especial en pacientes inmunocomprometidos [13,19,19].

Por otro lado, el uso de prótesis favorece la acumulación de residuos y placa, al crear un entorno propicio para la proliferación de *Candida*. De hecho, el análisis mediante el método SVMNS Entropía-SMART destacó la relación entre una higiene bucal deficiente y la infección, al sugerir la necesidad de mejorar las prácticas de higiene y el ajuste adecuado de las prótesis. Por tanto, los resultados refuerzan la necesidad de estrategias preventivas integrales, que incluyan educación, monitoreo y protocolos de limpieza para reducir la prevalencia de candidiasis oral en pacientes con prótesis dentales [14,20,21]. Asimismo, la investigación futura debe centrarse en evaluar la eficacia de diferentes estrategias de prevención y tratamiento, así como en investigar la posible resistencia a los antifúngicos en las distintas especies de Candida.

5. Conclusión

El análisis realizado ha demostrado que Candida albicans constituye la especie más prevalente en pacientes portadores de prótesis parciales removibles, al representar el 76,7% de los casos estudiados. No obstante, se ha identificado la presencia de otras especies, como Candida glabrata y Candida tropicalis, en menor frecuencia. Aunque su presencia es menos significativa, su implicación en las infecciones orales asociadas con estas prótesis ha sugerido la necesidad de considerar la diversidad microbiana en la cavidad bucal para el diseño de estrategias preventivas más efectivas.

La relación entre la higiene bucal deficiente y la proliferación de Candida ha quedado corroborada mediante la aplicación del método combinado SVMNS Entropía-SMART. De hecho, ha facilitado la evaluación de múltiples factores que propician la infección por hongos, al fomentar en las personas portadores de prótesis parciales removibles una higiene adecuada. Además, el ajuste adecuado y la calidad de las prótesis dentales constituyen determinantes claves en la prevención de la candidiasis, dado que el mal ajuste favorece la acumulación de residuos y de placa bacteriana, al propiciar la proliferación de estos microorganismos.

Por otro lado, la revisión de la literatura académica ha resaltado la prioridad de realizar cultivos microbiológicos regulares para la detección precisa de Candida y la implementación de estrategias preventivas. En este sentido, los programas educativos destinados a mejorar las prácticas de higiene bucal han demostrado ser efectivos para reducir la carga de infecciones orales. Además, se ha enfatizado la relevancia de los chequeos odontológicos periódicos, los cuales permiten una detección temprana de problemas relacionados con las prótesis y facilitan los ajustes necesarios para evitar complicaciones.

Referencias

[1] R. Tamai and Y. Kiyoura, "Candida Infections: The Role of Saliva in Oral Health—A Narrative Review," *Microorganisms,* vol. 13, no. 4, p. 717, 2025. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2076-2607/13/4/717.

[2] O. Benyounes, S. Bekri, S. Belgacem, A. Labidi, M. Khemis, and L. Mansour, "Oral Colonization by Different Candida Species: First Comparative Study between Denture and Nondenture Wearers in Tunisia," *European Journal of Dentistry,* vol. 19, no. 01, pp. 206-213, 2025. [Online]. Available: https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0044-1787819.

[3] E. Arslan, C. Akay, D. Erdönmez, and E. N. Avukat, "Evaluation of the effect of new generation denture base materials aged in artificial saliva at different pH levels on surface roughness and Candida albicans adhesion," *BMC Oral Health,* vol. 25, no. 1, p. 356, 2025/03/07 2025. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-025-05700-4#citeas.

[4] R. Radev, M. Yankova, E. Radeva, and N. Apostolov, "Colonization of Candida spp. in patients treated with partial dentures "ThermoSens"," *Journal of IMAB,* vol. 30, no. 2, pp. 5552-5558, 2024. [Online]. Available: https://www.journal-imab-bg.org/issues-2024/issue2/vol30issue2p5552-5558.html.

[5] Y. F. Semiglazova and V. S. Emgahov, "FEATURES OF THE MANIFESTATION OF CANDIDIASIS OF THE ORAL MUCOSA IN PATIENTS WITH REMOVABLE DENTURES," *Молодежный инновационный вестник,* vol. 12, no. 1, pp. 144-145, 2023. [Online]. Available: https://new.vestnik-surgery.com/index.php/2415-7805/article/view/8851.

[6] M. Tsurumi, M. Nakayama, M. Hata, A. Tsurumi, and K. Kuyama, "Factors Associated with the Detection of Candida albicans and Candida glabrata from Denture in Community-dwelling Elderly Individuals," *International Journal of Oral-Medical Sciences,* vol. 23, no. 4, pp. 173-183, 2025. [Online]. Available: https://www.jstage.jst.go.jp/article/ijoms/23/4/23_173/_article/-char/ja/.

[7] K. FUJISHIMA, T. SAKUTA, and N. TAMAKI, "Oral local factors affecting candida colonization in patients undergoing perioperative oral care," *Journal of Microorganism Control,* vol. 30, no. 1, pp. 27-31, 2025. [Online]. Available: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmc/30/1/30_27/_article/-char/ja/.

[8] E. González Caballero, M. Leyva Vázquez, and F. Smarandache, "On neutrosophic uninorms," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 45, no. 2021, pp. 340-348, 2021. [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol45/iss1/22.

[9] T. A. Al-Tamimi, L. A. Al-Swidi, and A. H. Al-Obaidi, "New Concepts in Partner Multineutrosophic Topological Space," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 24, no. 3, p. 172, 2024. [Online]. Available: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A1%3A16610129/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A180913659&crl=c&link_origin=scholar.google.es.

[10] G. Yang, M. Ren, and X. Hao, "Multi-criteria decision-making problem based on the novel probabilistic hesitant fuzzy entropy and TODIM method," *Alexandria Engineering Journal,* vol. 68, no. April, pp. 437-451, 2023. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016823000285.

[11] H. Erdal, K. G. Kurtay, H. A. Dagistanli, and A. Altundas, "Evaluation of Anti-Tank Guided Missiles: An integrated Fuzzy Entropy and Fuzzy CoCoSo multi criteria methodology using technical and simulation data," *Applied Soft Computing,* vol. 137, no. April, pp. 2-6, 2023. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1568494623001631.

[12] O. Zabihi, M. Siamaki, M. Gheibi, M. Akrami, and M. Hajiaghaei-Keshteli, "A smart sustainable system for flood damage management with the application of artificial intelligence and multi-criteria decision-making computations," *International Journal of Disaster Risk Reduction,* vol. 84, no. January, pp. 2-6, 2023. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212420922006896.

[13] C. D. Nicholson-Becerra, M. Orozco-Gallardo, A. Cisneros-Moya, E. Gutiérrez-Cortés, and A. D. C. M. Valdivia, "Oral candidiasis in a diabetic patient wearing bar-retained provisional overdenture: Clinical case report," *Reports,* vol. 7, no. 4, p. 96, 2024. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2571-841X/7/4/96.

[14] A. B. Ribeiro *et al.*, "Strategies for preventing and treating oral mucosal infections associated with removable dentures: A scoping review," *Antibiotics,* vol. 13, no. 3, p. 273, 2024. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2079-6382/13/3/273.

[15] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[16] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[17] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[18] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[19] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[20] Vásquez, A. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[21] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 19, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Análisis de la duración del tratamiento de ortodoncia mediante el método neutrosófico CRITIC

Analysis of orthodontic treatment duration using the neutrosophic CRITIC Method

Christian David Zapata Hidalgo [1], Arianna Maialen Martínez Muñoz [2], Vivian Milagros Iturralde Lozano [3], and Terina Adalid Valenzuela Rojas [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra, Ecuador. ui.christianzapata@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra, Ecuador. oi.ariannammm38@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra, Ecuador. oi.vivianmil78@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra, Ecuador. oi.terinaavr45@uniandes.edu.ec

Resumen. El tratamiento ortodóncico ha constituido un proceso complejo con duración influenciada por diversos factores biológicos, clínicos y tecnológicos. Por ello, este estudio, se enfocó en sintetizar datos e información sobre el tiempo promedio de duración del tratamiento ortodóncico, al realizar una revisión de la literatura y una encuesta aplicada. La variabilidad y el procesamiento de los datos fueron analizados mediante el método CRITIC neutrosófico, al complementarse mediante un análisis multineutrosófico para evaluar los factores que inciden en la duración del tratamiento. Los resultados han mostrado que la edad del paciente y la severidad de la maloclusión han sido determinantes claves. Por otra parte, se observó que la duración media se sitúa alrededor de 18 meses, aunque puede acortarse a menos de un año o prolongarse hasta los 36 meses. Se ha concluido que la optimización de estos factores permite reducir los tiempos de tratamiento y mejorar la eficiencia terapéutica.

Palabras Claves: Factores, maloclusión, tratamientos ortodónticos, CRITIC Neutrosófico, Multineutrosofía.

Abstract. Orthodontic treatment has been a complex process with its duration influenced by various biological, clinical, and technological factors. Therefore, this study focused on synthesizing data and information regarding the average duration of orthodontic treatment by conducting a literature review and administering a survey. Data variability and processing were analyzed using the neutrosophic CRITIC method, complemented by a multi-neutrosophic analysis to evaluate the factors affecting treatment duration. The results have shown that patient age and malocclusion severity have been key determinants. Additionally, it was observed that the average treatment duration is approximately 18 months, although it may be shortened to less than a year or extended up to 36 months. It has been concluded that optimizing these factors can reduce treatment duration and improve therapeutic efficiency.

Keywords: HBV, oral hygiene, fungal infections, candidiasis prevention, SVMNS Entropy-SMART.

1 Introducción

El tratamiento ortodóncico es un proceso dinámico que influye directamente en la salud periodontal, en particular sobre las encías y los tejidos que rodean las piezas dentarias [1-20]. Tras la finalización del tratamiento, se ha documentado que entre el 20 % y el 35 % de los pacientes pueden desarrollar recesión gingival en la región anterior de la cavidad oral [2-21]. De hecho, con mayor incidencia en aquellos con biotipo gingival delgado o en situaciones donde se emplean fuerzas para desplazar los dientes más allá de su posición natural, como ocurre en la expansión del arco dental [3-22].

Ante esta problemática, resulta imprescindible realizar una evaluación de la estructura ósea y de los tejidos blandos antes de iniciar cualquier movimiento dental. Por tanto, el desarrollo de tecnologías avanzadas, como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), ha permitido a los ortodoncistas identificar con mayor precisión las deficiencias dentoalveolares y las discrepancias en el soporte óseo [4-23]. Gracias a ello, es posible diseñar

estrategias de tratamiento individualizadas para cada paciente, en particular en aquellos con un riesgo elevado de desarrollar complicaciones periodontales.

En ciertos casos, los pacientes con predisposición a sufrir alteraciones periodontales como consecuencia del tratamiento ortodóncico pueden beneficiarse de procedimientos terapéuticos enfocados en la modificación del tejido óseo de soporte [5-24]. De manera complementaria, la duración del tratamiento ortodóncico es un aspecto que varía ampliamente y está determinado por múltiples factores, al incluir complejidad del caso, la edad del paciente, la naturaleza del problema dentofacial y el tipo de aparatología empleada [6-25]. En términos generales, el tiempo estimado para completar un tratamiento ortodóncico oscila entre los 18 meses y los 3 años [7-26]. De hecho, se considera una de las mayores preocupaciones de los pacientes que desean mejorar su sonrisa conocer la duración de un tratamiento de ortodoncia. Sin embargo, no hay una respuesta genérica para todos los casos, debido que el estado de la dentadura de cada persona y cada tratamiento son diferentes.

Por este motivo el objetivo del presente artículo es sintetizar datos e información sobre el tiempo promedio de duración del tratamiento de ortodoncia. Para ello, se procede a realizar una revisión de la literatura, así como el desarrollo de una encuesta a 128 estudiantes al azar de la Universidad Regional Autónoma de los Andes. Además de determinar la variabilidad y el procesamiento de los datos mediante el método CRITIC neutrosófico. Por otro lado, se propone evaluar los factores que influyen en la duración del tratamiento ortodóncico a partir del análisis multineutrosófico.

2. Métodos

2.1. Alcance de la investigación.

Este estudio adoptó un enfoque exploratorio con el objetivo de sintetizar datos e información sobre la duración de los tratamientos de ortodoncia y el tiempo estimado de su uso. Dado el alcance del tema y la falta de conocimiento específico sobre este aspecto, se empleó una metodología mixta que integra enfoques cualitativos y cuantitativos. La investigación se basó en una revisión bibliográfica y en la realización de una encuesta a 128 estudiantes de la Universidad Regional Autónoma de los Andes "UNIANDES", seleccionados aleatoriamente, mediante la plataforma Google Forms.

La recopilación de información se realizó a través de una búsqueda electrónica en varias bases de datos académicas, al incluir PubMed, Scopus, Google Académico y SCIELO. Para la selección de los artículos revisados, se aplicaron criterios de inclusión que consideraron la relevancia del tema, la disponibilidad de artículos en inglés y español, y el año de publicación. Por otro lado, se excluyeron aquellos estudios duplicados, artículos que no coincidían con los temas de interés y publicaciones en idiomas distintos al español o inglés. Este proceso garantizó la obtención de información relevante y actualizada para la realización del análisis.

Con esta información se realizó la modelación del método CRITIC Neutrosófico para evaluar las indeterminaciones inherentes en los datos, al incluirlas en los resultados del estudio. Así como la evaluación multineutrosófica de cada factor por múltiples fuentes agrupadas según los criterios de inclusión.

2.2. Conjunto multineutrosófico

Definition 1 [8]. The *Neutrosophic set* N is characterized by three membership functions, which are the truth-membership function T_A, indeterminacy-membership function I_A, and falsity-membership function F_A, where U is the Universe of Discourse and $\forall x \in U$, $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \subseteq]^{-}0, 1^{+}[$, and $^{-}0 \leq \inf T_A(x) + \inf I_A(x) + \inf F_A(x) \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \leq 3^{+}$.

See that according to the definition, $T_A(x), I_A(x)$, and $F_A(x)$ are real standard or non-standard subsets of $]^{-}0, 1^{+}[$ and hence, $T_A(x), I_A(x)$ and $F_A(x)$ can be sub-intervals of $[0, 1]$. $^{-}0$ and 1^{+} belong to the set of hyperreal numbers.

Definition 2. The *Single-Valued Neutrosophic Set* (SVNS) A over U is $A = \{< x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) > : x \in U\}$, where $T_A: U \to [0, 1]$, $I_A: U \to [0, 1]$ and $F_A: U \to [0, 1]$. $0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$.

Los CNVU surgieron con la idea de aplicar los conjuntos neutrosóficos con fines prácticos. Algunas operaciones entre NNVU se expresan a continuación:

Dados A1 = (a1, b1, c1) y A2 = (a2, b2, c2) dos NNVU se tiene que la suma entre A1 y A2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1 + a_2 - a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2) \tag{1}$$

Dados $A1 = (a1, b1, c1)$ y $A2 = (a2, b2, c2)$ dos NNVU se tiene que la multiplicación entre A1 y A2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1 a_2, b_1 + b_2 - b_1 b_2, c_1 + c_2 - c_1 c_2) \tag{2}$$

El producto por un escalar positivo con un NNVU, A = (a, b, c) se define por:

$$A = (1 - (1 - a), b, c) \tag{3}$$

The *Single-Valued Neutrosophic Number* (SVNN) is symbolized by
$N = (t, i, f)$, such that $0 \leq t, i, f \leq 1$ and $0 \leq t + i + f \leq 3$.

Definition 3 ([9])**.** The MultiNeutrosophic Set (or Subset MultiNeutrosophic Set SMNS).

Let $\mathcal{U}$ be a universe of discourse and M a subset of it. Then, a MultiNeutrosophic Set is: $M = \{x, x(T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)\}, x \in U,$

where p, r, s are integers $\geq 0, p + r + s = n \geq 2$ and at least one of $p, r, s\ is \geq 2$, in order to ensure the existence of multiplicity of at least one neutrosophic component: truth/membership, indeterminacy, or falsehood/nonmembership; all subsets $T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s \subseteq [0,1]$;

$0 \leq \sum_{j=1}^{p} inf\ T_j + \sum_{k=1}^{r} inf\ I_k + \sum_{l=1}^{s} inf\ F_l \leq \sum_{j=1}^{p} sup\ T_j + \sum_{k=1}^{r} sup\ I_k + \sum_{l=1}^{s} sup\ F_l \leq n.$

No other restrictions apply on these neutrosophic multicomponents.

$T_1, T_2, \dots, T_p$ are multiplicities of the truth, each one provided by a different source of information (expert).

Similarly, $I_1, I_2, \dots, I_r$ are multiplicities of the indeterminacy, each one provided by a different source.

And $F_1, F_2, \dots, F_s$ are multiplicities of the falsehood, each one provided by a different source.

The Degree of MultiTruth (MultiMembership), also called *MultiDegree of Truth*, of the element x with respect to the set M are $T_1, T_2, \dots, T_p$.

the Degree of MultiIndeterminacy (MultiNeutrality), also called *MultiDegree of Indeterminacy*, of the element x with respect to the set M are $I_1, I_2, \dots, I_r$.

and the Degree of MultiFalsehood (MultiNonmembership), also called *MultiDegree of Falsehood*, of element x with respect to the set M are $F_1, F_2, \dots, F_s$.

All these $p + r + s = n \geq 2$ are assigned by n sources (experts) that may be:

- either totally independent;
- or partially independent and partially dependent;
- or totally dependent; according or as needed to each specific application.

A generic element x with regard to the MultiNeutrosophic Set A has the form:

$x(T_1, T_2, \dots, T_p;$	$I_1, I_2, \dots, I_r;$	$F_1, F_2, \dots, F_s)$
multi-truth	multi-indeterminacy	multi-falsehood

In many particular cases $p = r = s$, and a source (expert) assigns all three degrees of truth, indeterminacy, and falsehood T_j, I_j, F_j for the same element.

Definition 4. Ranking of n-valued MultiNeutrosophic types of the same (p, r, s)-form.

$(T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)$, where p, r, s are integers ≥ 0, and $p + r + s = n \geq 2$, and at least one of $p, r, s \geq 2$ to be sure that it has multiplicity for at least one neutrosophic component (either truth, or indeterminacy, or falsehood).

It proposes an easier n-ranking, but this is rather an approximation. Let's compute the following.

Average positivity (4).

$$\frac{\sum_{j=1}^{p} T_j + \sum_{k=1}^{r} (1 - I_k) + \sum_{e=1}^{s} (1 - F_e)}{p + r + s} \tag{4}$$

Average (Truth-Falsehood) (5)

$$\frac{\sum_{j=1}^{p} T_j + \sum_{e=1}^{s} (1 - F_e)}{p + s} \tag{5}$$

Average Truth (6).

$$\frac{\sum_{j=1}^{p} T_j}{p} \tag{6}$$

Definition 5. Ranking n-valued MultiNeutrosophic tuples of different (p, r, s)–forms.

Let's consider two n-valued multi neutrosophic tuples of the forms (p_1, r_1, s_1) and respectively (p_2, r_2, s_2), where $p_1, r_1, s_1, p_2, r_2, s_2$ are integers ≥ 0, and $p_1 + r_1 + s_1 = n_1 \geq 2$, and at least one of $p_1, r_1, s_1 is \geq 2$, to be sure that we have multiplicity for at least one neutrusophic component (either truth, or indeterminacy, or falsehood); similarly $p_2 + r_2 + s_2 = n_2 \geq 2$, and at least one of $p_2, r_2, s_2\ is \geq 2$.

Let's take the following Single-Valued Multi Neutrosophic Tulpes (SVMNT):

$SVMNT = (T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)$ of $(p_1, r_1, s_1) - form$, and

$SVMNT' = (T'_1, T'_2, \dots, T'_p; I'_1, I'_2, \dots, I'_r; F'_1, F'_2, \dots, F'_s)$ of $(p_1, r_1, s_1) - form$.

It makes the classical averages of truth (T_a), indeterminancies (I_a) and falsehood (F_a), respectively for $SVMNT = (T_a, I_a, F_a)$ and the averages of truths (T_a), indeterminancies (I_a) and falsehood (F_a) respectively for: $SVMNT = (T'_a, I'_a, F'_a)$. And then it applies the Score (S), Accuracy (A), and Certainty (C) Functions, as for the single valued neutrosophic set:

Compute the Score Function (average of positiveness) (7).

$$S(T_a, I_a, F_a) = \frac{T_a + (1 - I_a) + (1 - F_a)}{3}$$
$$S(T'_a, I'_a, F'_a) = \frac{T'_a + (1 - I'_a) + (1 - F'_a)}{3} \quad (7)$$

i. If $S(T_a, I_a, F_a) \geq S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
ii. If $S(T_a, I_a, F_a) \leq S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
iii. And if $S(T_a, I_a, F_a) = S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$, then go to the second step.

Compute the Accuracy Function (difference between the truth and falsehood) (8).

$$A(T_a, I_a, F_a) = T_a - F_a$$
$$A(T'_a, I'_a, F'_a) = T'_a - F'_a \quad (8)$$

i. If $A(T_a, I_a, F_a) \geq A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
ii. If $A(T_a, I_a, F_a) \leq A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
iii. And if $A(T_a, I_a, F_a) = A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$, then go to the third step.

3. Compute the Certainty Function (truth) (9).

$$C(T_a, I_a, F_a) = T_a$$
$$C(T'_a, I'_a, F'_a) = T'_a \quad (9)$$

i. If $C(T_a, I_a, F_a) \geq C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
ii. If $C(T_a, I_a, F_a) \leq C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
iii. And if $C(T_a, I_a, F_a) = C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$ are multi-neutrosophically equal, i.e $T_a = T'_a, I_a = I'_a, F_a = F'_a$, or their corresponding truth, indeterminancy, and falsehood averages are equal.

Definition 6. In cases some sources have a greater weight in evaluation than others, one uses the weighted averages, indexed as T_{wa}, I_{ua}, F_{va} and $T'_{wa}, I'_{ua}, F'_{va}$, respectively. Because the sources may be independent or partially independent, the sum of weights should not necessarily be equal to 1. As such:

i. $w_1, w_2, \dots, w_p \in [0,1]$, while the sum $w_1 + w_2 + \cdots + w_p$ may be $< 1, or = 1, or > 1$.
ii. $u_1, u_2, \dots, u_p \in [0,1]$, while the sum $u_1 + u_2 + \cdots + u_p$ may be $< 1, or = 1, or > 1$.
iii. $v_1, v_2, \dots, v_p \in [0,1]$, while the sum $v_1 + v_2 + \cdots + v_p$ may be $< 1, or = 1, or > 1$.

And, similarly, one applies the Score, Accuracy, and Certainty Functions on these weighted averages to rank them.

2.2. CRITIC Neutrosófico

El método CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) fue propuesto por Diakoulaki, Mavrotas y Papayannakis en 1995. El método CRITIC neutrosófico constituye una metodología de toma de decisiones multicriterio que se puede clasificar dentro de los métodos comparativos. Esta metodología evalúa cada criterio para la toma de decisiones al considerar múltiples criterios neutrosóficos, incluidos en la indeterminación de los resultados [10]. De modo que se utiliza para ponderar criterios neutrosóficos y obtener pesos para cada uno de ellos (en este estudio se determinó la frecuencia neutrosófica de los resultados de cada encuestado dentro del conjunto de tiempo definido por R_j que duraba el tratamiento de ortodoncia). Para la modelación del método se procede a definir los siguientes pasos:

Paso 1: Definir la matriz de decisión al incluir el peso del criterio (ver figura 1).

$$\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} k_1 & k_2 & \dots & k_j & \dots & k_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1j} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2j} & \cdots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{i1} & y_{i2} & \cdots & y_{ij} & \cdots & y_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \cdots & y_{mj} & \cdots & y_{mn} \end{bmatrix} \end{array}$$

Figura 1: Matriz de decisión del método CRITIC neutrosófico. Fuente: Elaboración propia.

Paso 2: Normalizar por el rango los valores de cada uno de los criterios, según la ecuación (10).

$$L_{ij} = \frac{y_{ij} - y_{jmax}}{y_{jmax} - y_{jmin}} \tag{10}$$

Paso 3: Calcular la desviación estándar de cada criterio.

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}\left[l_{ij} - \left(\frac{\sum_{i=1}^{m} l_{ij}}{m}\right)\right]^2}{m-1}} \tag{11}$$

Paso 4: Calcular la correlación entre cada par de criterios.

$$r_{jk} = \frac{cov\,(j,k)}{\sigma_j - \sigma_k} \tag{12}$$

Paso 5: Calcular el peso de cada criterio.

$$w_j = \sigma_j \cdot \sum_{k=1}^{n}\left(1 - r_{jk}\right) \tag{13}$$

Paso 6: Ponderación del peso de cada criterio.

$$w_j' = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^{n} w_j} \tag{14}$$

3. Tratamiento de ortodoncia

3.1 Tiempo del tratamiento de ortodoncia: Encuesta a la carrera de Odontología de UNIANDES.

En el presente estudio, se examinaron las respuestas de los encuestados con respecto al tiempo de uso de la ortodoncia realizada a 128 estudiantes de la carrera de Odontología de la Universidad Regional Autónoma de los Andes. La encuesta estuvo estructurada en torno a cuatro preguntas clave, con opciones de respuesta que permitieron estimar la duración del tratamiento ortodóntico en función de la experiencia de los participantes. Las preguntas se centraron en el tipo de tratamiento ortodóntico requerido, y las opciones de respuesta incluyeron: uso actual de ortodoncia (t_1), uso previo de ortodoncia (t_2), uso de ortodoncia por primera vez (t_3) y necesidad de retratamiento ortodóntico (t_4).

Para cada una de estas opciones, se proporcionaron rangos de tiempo que los encuestados debían seleccionar, a saber: menos de *6 meses (r_1), entre 6 meses y 1 año (r_2), entre 1 y 2 años (r_3), y más de 2 años (r_4).* Por tanto, se obtienen dos conjuntos en el estudio: T_k: $\{t_1, t_2, t_3, t_4\}$ para identificar el tipo de tratamiento ortodóntico requerido y R_j: $\{r_1, r_2, r_3, r_4\}$ para definir los rangos de tiempo de cada tratamiento. A continuación, se indican los resultados obtenidos, mediante la encuesta aplicada, con el objetivo de observar en cuál de los ítems tiene mayor respuesta y que tiempo se establece la mayoría de las veces (ver tabla 1 a la 5).

Tabla 1: Tratamiento de ortodoncia requerido. Fuente: Elaboración propia.

Tratamiento	Número	Porcentaje
Uso ortodoncia actualmente	21	27,3%
Usé ortodoncia anteriormente	45	35,2%
Voy a usar ortodoncia por primera vez	12	9,4%
Necesito un retratamiento de ortodoncia	15	11,7%
Ninguna de las anteriores	35	27,3%
TOTAL	128	110,9%

Tabla 2: Tiempo de ortodoncia actualmente. Fuente: Elaboración propia.

Tiempo	Número	Porcentaje
Menos de 6 meses	5	23,8%
Entre 6 meses y 1 año	5	23,8%
Entre 1 a 2 años	5	23,8%
Mas de 2 años	6	28,6%
TOTAL	21	100%

Tabla 3: Tiempo que usó ortodoncia anteriormente. Fuente: Elaboración propia.

Tiempo	Número	Porcentaje
Menos de 6 meses.	5	7,6%
Entre 6 meses y 1 año.	11	16,7%
Entre 1 a 2 años.	24	36,4%
Mas de 2 años	26	39,4%
TOTAL	66	100%

Tabla 4: Tiempo de ortodoncia por primera vez. Fuente: Elaboración propia.

Tiempo	Número	Porcentaje
Menos de 6 meses.	8	10,3%
Entre 6 meses y 1 año.	19	24,4%
Entre 1 a 2 años.	45	57,7%
Mas de 2 años	6	7,7%
TOTAL	78	100%

Tabla 5: Tiempo de retratamiento de ortodoncia. Fuente: Elaboración propia.

Tiempo	Número	Porcentaje
Menos de 6 meses.	20	21,7%
Entre 6 meses y 1 año.	30	32,6%
Entre 1 a 2 años.	26	28,3%
Mas de 2 años	16	17,4%
TOTAL	92	100%

Como se muestra en la tabla 1, la opción de haber usado ortodoncia anteriormente (t_2) tiene un porcentaje mayor de 35,2%, en relación con los demás ítems. Por otro lado, en la tabla 2, se observa que un porcentaje del 23,8% corresponde a los rangos de los 6 meses hasta más de 2 años en el tiempo de ortodoncia actualmente.

En cambio, en la tabla 3, se evidencia que el tiempo que se usó la ortodoncia fue más de dos años, con un porcentaje del 39,4%. Sin embargo, en la tabla 4, se evidencia que el tiempo que debe usar la ortodoncia entra en el rango de 1 a 2 años, con un porcentaje del 57,7%. Por último, en la tabla 5, se evidencia que el tiempo de retratamiento de ortodoncia entra en el rango de 6 meses a 1 año, con un porcentaje del 32,6%.

Los resultados de la encuesta reflejan la variabilidad e indeterminación al establecer la mayor respuesta y que tiempo se establece la mayoría de las veces. Por tanto, se debe utilizar la modelación del método neutrosófico CRITIC para evaluar las frecuencias neutrosóficas identificadas en los resultados del estudio y determinar que rango de tiempo es el más frecuente en la duración del tratamiento ortodóntico (ver tabla 6 a la 9).

3.1.1 Modelación de CRITIC Neutrosófico

Tabla 6: Matriz de decisión. Fuente: Elaboración propia.

R_j	t_1	t_2	t_3	t_4
r_1	(0.4,0.57,0.61)	(0.4,0.57,0.61)	(0.4,0.57,0.61)	(0.5,0.47,0.51)
r_2	(0,0.97,1)	(0.2,0.77,0.81)	(0.6,0.37,0.41)	(0.7,0.27,0.31)
r_3	(0,0.97,1)	(0.4,0.57,0.61)	(1,0,0)	(0,0.97,1)
r_4	(0.3,0.67,0.71)	(0.6,0.37,0.41)	(0.5,0.47,0.51)	(0.3,0.67,0.71)
X_{max}	(0.4,0.57,0.61)	(0.6,0.37,0.41)	(1,0,0)	(0.7,0.27,0.31)
X_{min}	(0,0.97,1)	(0.2,0.77,0.81)	(0.4,0.57,0.61)	(0,0.97,1)

Tabla 7: Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

R_j	t_1	t_2	t_3	t_4
r_1	0.24	0.00	0.14	0.03
r_2	0.26	0.23	0.00	0.26
r_3	0.12	0.00	0.39	0.24
r_4	0.13	0.27	0.06	0.03

R_j	t_1	t_2	t_3	t_4
Total	0.751	0.502	0.591	0.563
σ_j	0.250	0.167	0.197	0.188

Tabla 8: Correlación entre cada par. Fuente: Elaboración propia.

R_j	t_1	t_2	t_3	t_4
r_1	1.000	0.679	-0.729	-0.116
r_2	0.679	1.000	-0.204	-0.653
r_3	-0.729	-0.204	1.000	-0.567
r_4	-0.116	-0.653	-0.567	1.000
R_j	1.000	0.679	-0.729	-0.116

Tabla 9: Matriz de correlaciones, desviaciones estándar y ponderaciones. Fuente: Elaboración propia.

R_j σ_j	t_1 0.250	t_2 0.167	t_3 0.197	t_4 0.188	w_j
Total	3.166	3.178	4.500	4.336	3.023
t_1	0.000	0.321	1.729	1.116	0.792
t_2	0.321	0.000	1.204	1.653	0.532
t_3	1.729	1.204	0.000	1.567	0.886
t_4	1.116	1.653	1.567	0.000	0.813

El resultado obtenido de la modelación define que la duración de los tratamientos en de la ortodoncia, a través de la encuesta realizada a 128 estudiantes de la carrera de Odontología de la Universidad Regional Autónoma de los Andes se encuentra definido en el *rango r_3: entre 1 y 2 años* (29%). De hecho, la media se sitúa entre 18 meses, sin embargo, para algunos pacientes puede acortarse a menos de un año o prolongarse hasta los 36 meses, al confirmar que r_4 se posiciona en segundo lugar (27%), según le método CRITIC neutrosófico (ver figura 2).

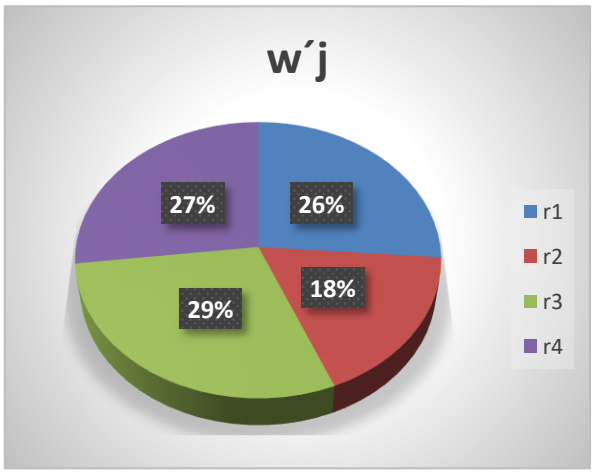


Figura 2: Matriz de decisión del método CRITIC. Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Factores que influyen en la duración del tratamiento ortodóncico: Análisis multineutrosófico.

La evaluación del método CRITIC neutrosófico ha proporcionado que la duración media se sitúa alrededor del rango r_3. No obstante, la duración de un tratamiento de ortodoncia siempre va a depender de factores muy diferentes. Entre los elementos más relevantes se incluyen:

I. Factores biológicos
   a) Edad del paciente: La respuesta biológica al tratamiento ortodóncico difiere entre niños, adolescentes y adultos. En pacientes jóvenes, la plasticidad ósea facilita el desplazamiento dentario

y permite que los cambios se produzcan en menor tiempo. En contraste, en adultos, el remodelado óseo es más lento, al prolongar la duración del tratamiento.

b) Respuesta individual: Existen diferencias interindividuales en la respuesta al tratamiento, determinadas por factores genéticos y características biológicas específicas. La capacidad del organismo para remodelar el hueso alveolar influye significativamente en la velocidad del movimiento dentario.

II. Complejidad del caso
   a) Tipo de maloclusión: La severidad del problema oclusal es determinante en el tiempo de tratamiento. Mientras que las maloclusiones leves (Clase I) suelen resolverse en un período relativamente corto (12 a 18 meses), las maloclusiones más complejas (Clase II y III) suelen requerir entre 24 y 36 meses o más para su corrección.
   b) Grado de apiñamiento dental: Una alineación dental severamente comprometida implica movimientos más extensos y mecánicas de tratamiento más prolongadas, al impactar directamente en la duración del proceso ortodóncico.
   c) Problemas esqueléticos: En pacientes con discrepancias esqueléticas significativas, es posible que el tratamiento ortodóncico deba complementarse con ortopedia dentofacial o cirugía ortognática, al conllevar a una mayor duración del proceso terapéutico.

III. Tipos de aparatos ortodóncicos
   a) Brackets metálicos: Constituyen la opción más utilizada en ortodoncia fija, debido a su eficacia en el tratamiento de una amplia variedad de maloclusiones. El tiempo estimado de tratamiento con brackets metálicos oscila entre 18 y 24 meses.
   b) Brackets cerámicos: Son una alternativa estética a los brackets metálicos, aunque pueden requerir un tiempo de tratamiento ligeramente mayor debido a su mayor fricción con los arcos ortodóncicos.
   c) Brackets linguales: Ubicados en la cara interna de los dientes, estos dispositivos ofrecen una opción estética avanzada. Sin embargo, su adaptación inicial puede prolongar el tiempo de tratamiento en comparación con los sistemas convencionales.
   d) Alineadores transparentes (Invisalign): Este sistema removible permite realizar movimientos dentales secuenciales a través de férulas personalizadas. La duración del tratamiento con alineadores transparentes varía según la complejidad del caso, pero en términos generales es comparable con la de los brackets metálicos.

IV. Cumplimiento del paciente: El éxito del tratamiento ortodóncico está estrechamente relacionado con la cooperación del paciente. La duración del tratamiento se prolonga si no se siguen adecuadamente las indicaciones del ortodoncista. Entre los aspectos más relevantes se incluyen:
   - Asistencia regular a las citas programadas para realizar ajustes oportunos en los aparatos ortodóncicos.
   - Mantenimiento de una higiene oral óptima para prevenir complicaciones periodontales que puedan retrasar el tratamiento.
   - Uso adecuado de elásticos intermaxilares y otros aditamentos recomendados por el ortodoncista.

V. Avances tecnológicos: Los desarrollos recientes en ortodoncia han permitido optimizar la eficiencia de los tratamientos y, en algunos casos, reducir su duración. Entre las innovaciones más relevantes destacan:
   - Mini-implantes ortodóncicos: Estos dispositivos permiten anclaje absoluto y facilitan el movimiento de los dientes en direcciones específicas, al acelerar el tratamiento.
   - Ortodoncia acelerada: Procedimientos como la corticotomía y el uso de dispositivos vibratorios han demostrado ser eficaces en la reducción del tiempo de tratamiento.
   - Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT): Su aplicación en la planificación ortodóncica mejora la precisión del diagnóstico y permite diseñar tratamientos más predecibles y eficientes.

VI. Consideraciones psicológicas y sociales: El componente psicológico del paciente juega un papel determinante en la adherencia al tratamiento. La motivación y la percepción de la mejora estética pueden influir en su grado de compromiso con las indicaciones del ortodoncista. Aquellos pacientes que siguen de manera rigurosa las recomendaciones logran resultados óptimos en menor tiempo, mientras que la falta de colaboración extiende significativamente la duración del tratamiento.

Una vez definido cada factor se observa que la duración del tratamiento ortodóntico depende de una combinación de elementos biológicos, mecánicos y conductuales. Por tanto, se deben definir según la revisión del material de estudio cuales son los más influyentes. Para ello, se propone una evaluación multineutrosófica a para determinar los factores principales a tener en cuenta en el tratamiento de ortodoncia. De hecho, se restructuran cada elemento a evaluar en factores y subfactores en la duración del tratamiento ortodóntico (ver tabla 10).

Tabla 10: Evaluación multineutrosófica de los factores en la duración del tratamiento ortodóntico (ecuación 7). Fuente: Elaboración propia.

Factores	Subfactores	Valor neutrosófico $\{\{T\},\{I\},\{F\}\}$	Score (S)	
Factores biológicos	Edad del paciente	({0.3,0.7,0.1},{0.7,0.6},{0.4,0.2})	0.48	
	Densidad y calidad ósea	({0.2,0.9,0.6},{0.1,0.7},{0.4,0.9})	0.45	0.46
	Respuesta biológica individual	({0.9,0.1,0.1},{0.6,0.2},{0.9,0.6})	0.44	
Complejidad del caso	Tipo de maloclusión	({0.3,0.3,0.5},{0.2,0.1},{0.1,0.3,0.9})	0.62	
	Grado de apiñamiento dental	({0.7,0.4,0.9},{0.7,0.1},{0.5,0.8,0.7})	0.54	0.60
	Problemas esqueléticos	({0.8,0.7,0.3},{0.1,0.3},{0.7,0.3,0.5})	0.65	
Tipo de aparato ortodóntico	Brackets metálicos vs. cerámicos	({0.5,0.6},{0.8,0.8,0.8},{0.3,0.8})	0.33	
	Alineadores transparentes (Invisalign)	({0.6,0.7},{0.2,0.1,0.8},{0.8,0.6})	0.46	0.41
	Mini-implantes ortodónticos	({0.5,0.4},{0.5,0.1,0.7},{0.5,0.6})	0.45	
Cumplimiento del paciente	Asistencia a controles	({0.4,0.1,0.2},{0.7,0.1},{0.2,0.2})	0.57	
	Higiene oral y cuidado del aparato	({0.7,0.4,0.6},{0.4,0.9},{0.9,0.7})	0.37	0.50
	Uso adecuado de elásticos intermaxilares	({0.9,0.4,0.3},{0.4,0.7},{0.4,0.2})	0.56	
Avances tecnológicos	Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)	({0.6,0.2,0.8},{0.1,0.9},{0.6,0.8,0.7})	0.43	
	Ortodoncia acelerada	({0.1,0.4,0.7},{0.3,0.2},{0.3,0.3,0.9})	0.58	0.44
	Uso de inteligencia artificial	({0.4,0.8,0.3},{0.8,0.9},{0.9,0.7,0.3})	0.31	
Factores externos y de planificación	Experiencia del ortodoncista	({0.4,0.4},{0.6,0.2,0.8},{0.4,0.3})	0.48	
	Condiciones socioeconómicas del paciente	({0.4,0.8},{0.5,0.6,0.9},{0.7,0.4})	0.4	0.45
	Factores psicológicos	({0.5,0.8},{0.5,0.5,0.9},{0.7,0.2})	0.46	

En la tabla 10 se observa que cada factor principal que influye en la duración del tratamiento ortodóntico ha sido evaluado en función de su impacto sobre la complejidad del tratamiento, la capacidad de respuesta biológica y la adherencia del paciente a las indicaciones del ortodoncista. A continuación, se presenta los resultados de la evaluación multineutrosófica para cada factor según el valor resultante de la función Score (S):

- La complejidad del caso es el factor más determinante en la duración del tratamiento ortodóntico. Esto se debe a que problemas más severos requieren mayor tiempo de corrección, ya que implican movimientos dentales más extensos y, en algunos casos, la necesidad de intervenciones adicionales como ortopedia o cirugía ortognática
- El cumplimiento del paciente es crucial en la duración del tratamiento ortodóntico, de hecho, un paciente que sigue estrictamente las indicaciones del ortodoncista reduce significativamente los tiempos de tratamiento, mientras que un paciente con baja adherencia extiende indefinidamente.
- Las características biológicas del paciente afectan la velocidad del movimiento dental y la capacidad del hueso para remodelarse en respuesta a la ortodoncia. Aunque estos factores no pueden modificarse, influyen en la planificación del tratamiento.

4. Discusión

El presente estudio ha analizado la duración del tratamiento ortodóncico en los estudiantes de odontología de la Universidad UNIANDES, sede Ibarra, durante el periodo comprendido entre mayo y julio de 2024 mediante la modelación del método CRITIC neutrosófico. Por otro lado, la recopilación de datos clínicos y el análisis multineutrosófico de diversas variables, ha identificado los principales factores que inciden en la duración del tratamiento, al proponer estrategias que permitan optimizar estos procesos [11] [12].

Uno de los resultados relevantes de la investigación ha sido la influencia de los factores biológicos en la duración del tratamiento ortodóncico. En este sentido, la edad del paciente se ha identificado como un elemento determinante, dado que los niños y adolescentes presentan una mayor plasticidad ósea [13]. De modo que favorece el movimiento dentario y reduce el tiempo necesario para alcanzar los objetivos terapéuticos. En contraste, en pacientes adultos, el hueso se encuentra completamente desarrollado, al ralentizar el proceso de remodelación ósea y, en consecuencia, prolongar la duración del tratamiento. Además, la respuesta individual al tratamiento ha demostrado ser altamente variable entre pacientes, influida por factores genéticos y características biológicas específicas [14].

Otro aspecto fundamental identificado en este estudio ha sido la complejidad del caso, que se ha revelado como un factor clave en la determinación del tiempo de tratamiento. Las maloclusiones de Clase II y Clase III, al presentar una mayor severidad, han requerido un tiempo de tratamiento considerablemente más prolongado en comparación con las correcciones menores de Clase I [15]. Adicionalmente, la severidad del desalineamiento dental ha incidido en la planificación y duración del tratamiento, ya que los casos más complejos han requerido ajustes frecuentes y un seguimiento riguroso para lograr una alineación dental óptima.

Además de los factores biológicos y la complejidad del caso, las consideraciones psicológicas y sociales también han incidido en la duración del tratamiento [16]. La motivación del paciente y su percepción de la mejora estética han influido directamente en su adherencia a las indicaciones del ortodoncista. En este sentido, aquellos pacientes con mayor motivación han seguido con mayor rigurosidad las recomendaciones clínicas, al favorecer la reducción en el tiempo de tratamiento. Por el contrario, la falta de compromiso y el incumplimiento de las indicaciones han contribuido a la prolongación del proceso ortodóncico.

En cuanto a la tecnología aplicada en la planificación ortodóncica, se ha evidenciado que el uso de herramientas avanzadas, como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), ha permitido a los ortodoncistas identificar con mayor precisión las deficiencias en la estructura dentoalveolar y establecer estrategias de tratamiento personalizadas [17]. Esto ha resultado especialmente beneficioso para pacientes con mayor riesgo de desarrollar problemas periodontales, al facilitar una intervención temprana y adecuada a sus necesidades clínicas.

Finalmente, los avances tecnológicos en ortodoncia han contribuido a la reducción del tiempo de tratamiento en ciertos casos [18]. La implementación de mini-implantes ortodóncicos ha permitido mejorar el anclaje y acelerar el movimiento dentario [19]. Mientras que las técnicas de ortodoncia acelerada han mostrado un impacto positivo en la disminución del tiempo total del tratamiento. Estas innovaciones han demostrado ser herramientas útiles para optimizar la eficiencia terapéutica y mejorar los resultados clínicos.

5. Conclusión

El análisis multineutrosófico ha evidenciado que la duración del tratamiento ortodóncico ha dependido de múltiples factores, destacándose la edad del paciente, la complejidad del caso y el cumplimiento de las indicaciones clínicas. Se ha comprobado que la mayor plasticidad ósea en niños y adolescentes ha favorecido la reducción del tiempo de tratamiento, mientras que en adultos la menor capacidad de remodelación ósea ha prolongado el proceso. Asimismo, la severidad de la maloclusión y el grado de desalineamiento dental han incidido significativamente en los tiempos terapéuticos.

Los resultados obtenidos mediante la modelación han indicado que la duración del tratamiento se ha concentrado mayormente en un rango de entre uno y dos años, con una media de 18 meses. Sin embargo, en algunos casos, el tratamiento se ha acortado a menos de un año, mientras que en otros ha alcanzado hasta los 36 meses, al posicionarse en segundo lugar en la modelación del método CRITIC neutrosófico.

Además, se ha determinado que la adherencia del paciente a las indicaciones del ortodoncista ha sido clave para optimizar la duración del tratamiento. De hecho, la asistencia regular a las citas, el mantenimiento de una adecuada higiene oral y el cumplimiento de las recomendaciones clínicas han reducido los tiempos terapéuticos. A su vez, la incorporación de tecnologías avanzadas, como la tomografía computarizada de haz cónico, los mini-implantes ortodóncicos y las técnicas de ortodoncia acelerada, ha mejorado la eficiencia del tratamiento y los resultados clínicos.

Referencias

[1] D. H. Alsawaf, S. G. Almaasarani, M. Y. Hajeer, and N. Rajeh, "The effectiveness of the early orthodontic correction of functional unilateral posterior crossbite in the mixed dentition period: a systematic review and meta-analysis," *Progress in orthodontics,* vol. 23, no. 1, p. 5, 2022. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s40510-022-00398-4.

[2] B. Aktas, F. Celebi, and A. A. Bicakci, "The effect of orthodontist change on treatment duration and outcomes," *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics,* vol. 161, no. 1, pp. e80-e86, 2022/01/01/ 2022. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889540621005503.

[3] M. R. Nangle, E. Freer, J. D. Henry, and S. P. Coundouris, "Predictors of orthodontic treatment preferences in a large representative UK adult cohort," *British Dental Journal,* vol. 238, no. 4, pp. 257-264, 2025. [Online]. Available: https://www.nature.com/articles/s41415-024-8157-2.

[4] J. Volovic *et al.*, "A novel machine learning model for predicting orthodontic treatment duration," *Diagnostics,* vol. 13, no. 17, p. 2740, 2023. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2075-4418/13/17/2740.

[5] K. Nakhleh, E. Joury, R. Dean, W. Marcenes, and A. Johal, "Can socioeconomic and psychosocial factors predict the duration of orthodontic treatment?," *European journal of orthodontics,* vol. 42, no. 3, pp. 263-269, 2020. [Online]. Available: https://academic.oup.com/ejo/article-abstract/42/3/263/5580442?login=false.

[6] P. Niemi, M. Kortelainen, U. Harjunmaa, and J. Waltimo-Sirén, "Costs and duration of orthodontic-surgical treatment with mandibular advancement surgery," *European Journal of Orthodontics,* vol. 45, no. 5, pp. 558-564, 2023. [Online]. Available: https://academic.oup.com/ejo/article/45/5/558/7248485?login=false.

[7] S. A. Arqub *et al.*, "Association between initial complexity, frequency of refinements, treatment duration, and outcome in Invisalign orthodontic treatment," *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics,* vol. 162, no. 3, pp. e141-e155, 2022/09/01/ 2022. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889540622004048.

[8] E. González Caballero, M. Leyva Vázquez, and F. Smarandache, "On neutrosophic uninorms," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 45, no. 2021, pp. 340-348, 2021. [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol45/iss1/22.

[9] T. A. Al-Tamimi, L. A. Al-Swidi, and A. H. Al-Obaidi, "New Concepts in Partner Multineutrosophic Topological Space," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 24, no. 3, p. 172, 2024. [Online]. Available: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A1%3A16610129/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A180913659&crl=c&link_origin=scholar.google.es.

[10] A. R. Mishra, S.-M. Chen, and P. Rani, "Multicriteria decision making based on novel score function of Fermatean fuzzy numbers, the CRITIC method, and the GLDS method," *Information Sciences,* vol. 623, no. April, pp. 915-931, 2023. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020025522015274.

[11] A. M. Alhamwi, A. S. Burhan, M. I. Idris, and F. R. Nawaya, "Duration of orthodontic treatment with clear aligners versus fixed appliances in crowding cases: a systematic review," *Clinical Oral Investigations,* vol. 28, no. 5, p. 249, 2024. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-024-05629-y.

[12] Z. Kiyamehr, M. H. Razeghinejad, M. Rahbar, S. G. Oskouei, and A. Vafaei, "Factors affecting the duration of fixed orthodontic treatment in patients treated in a university department between 2016 and 2020," *Maedica,* vol. 17, no. 2, p. 380, 2022. [Online]. Available: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9375879/.

[13] Y. A. Yassir, G. T. McIntyre, and D. R. Bearn, "Orthodontic treatment and root resorption: an overview of systematic reviews," *European journal of orthodontics,* vol. 43, no. 4, pp. 442-456, 2021. [Online]. Available: https://academic.oup.com/ejo/article/43/4/442/5993861?login=false#google_vignette.

[14] H. Khan, S. Mheissen, A. Iqbal, A. R. Jafri, and M. K. Alam, "Bracket failure in orthodontic patients: the incidence and the influence of different factors," *BioMed Research International,* vol. 2022, no. 1, pp. 1-5, 2022. [Online]. Available: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1155/2022/5128870.

[15] D. Aiello, R. Nucera, S. Costa, M. M. Figliuzzi, and S. Paduano, "Can Orthodontic Treatment Be Stable 20 Years after the End of the Treatment Scheme? Treatment of a Class 2, Division 1 Malocclusion with Severe Skeletal Discrepancy and Its 20-Year Follow-Up," *Case Reports in Dentistry,* vol. 2021, no. 1, pp. 2-14, 2021. [Online]. Available: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/2021/4810584.

[16] T. Schmahl, J. Steinhäuser, and K. Goetz, "Association between orthodontic treatment and psychosocial factors in adolescents: a cross-sectional study," *European Journal of Orthodontics,* vol. 47, no. 1, p. cjae082, 2025. [Online]. Available: https://academic.oup.com/ejo/article/47/1/cjae082/7983926#google_vignette.

[17] Q. Chang, Y. Bai, S. Wang, F. Wang, S. Liang, and X. Xie, "Automated orthodontic diagnosis via self-supervised learning and multi-attribute classification using lateral cephalograms," *BioMedical Engineering OnLine,* vol. 24, no. 1, p. 9, 2025. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s12938-025-01345-0.

[18] A. Surendran *et al.*, "The future of orthodontics: deep learning technologies," *Cureus,* vol. 16, no. 6, pp. 1-10, 2024. [Online]. Available: https://assets.cureus.com/uploads/review_article/pdf/237171/20240725-319105-8vuha4.pdf.

[19] H. Mohammed, A. Morsi, K. Wafaie, B. K. Daniel, and M. Farella, "Patients' perspectives of the long-term impact of orthodontic treatment: a qualitative study," *The Angle Orthodontist,* vol. 95, no. 2, pp. 205-211, 2025. [Online]. Available: https://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist/article/95/2/205/504577/Patients-perspectives-of-the-long-term-impact-of.

[20] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[21] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[22] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[23] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

[24] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[25] von Feigenblatt, O. F. “Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth”. Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[26] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. “El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura”. In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 20, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Aplicación del Plithogenic n-SuperHyperGraph al análisis de Candida auris en entornos hospitalarios

Application of the Plithogenic n-SuperHyperGraph for the analysis of Candida auris in hospital environments

Cristian Paul Rodríguez Cayamcela [1], Segundo Javier López Pérez [2], and Flavio Orlando Murillo Valenzuela [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra, Ecuador. ui.cristianrc18@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra, Ecuador. ui.segundolp71@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra, Ecuador. ui.flaviomv72@uniandes.edu.ec

Resumen. Candida auris constituye un hongo emergente que ha causado brotes hospitalarios debido a su capacidad para formar biopelículas y resistir a los antifúngicos. Por tal motivo, el presente estudio realizó una revisión teórica sobre la enfermedad, al proporcionar un panorama actualizado y concreto de los aspectos esenciales del agente fúngico. Para ello, se revisó la literatura académica sobre la identificación de Candida auris mediante hisopados, así como la comprensión del manejo de Candida auris mediante la estructura Plithogenic n-SuperHyperGraph. Los resultados han evidenciado que la detección temprana mediante hisopados ha sido eficaz para contener los brotes, en especial en pacientes críticos. Así como el análisis de las estrategias de descolonización, aunque prometedoras, han presentado resultados variables. Se ha concluido, que se deben mejorar los sistemas de vigilancia en América Latina, al investigar nuevos tratamientos y enfoques personalizados para el manejo de Candida auris.

Palabras Claves: Hongo, infecciones nosocomiales, tratamientos antifúngicos, neutrosofía, Plithogenic n-SuperHyperGraph.

Abstract. Candida auris is an emerging fungus that has caused hospital outbreaks due to its ability to form biofilms and resist antifungals. Therefore, this study conducted a theoretical review of the disease, providing an updated and concrete overview of the essential aspects of the fungal agent. To this end, the academic literature on the identification of Candida auris through swabs was reviewed, as well as the understanding of its management using the Plithogenic n-SuperHyperGraph structure. The results have shown that early detection through swabs has been effective in containing outbreaks, particularly in critically ill patients. Additionally, the analysis of decolonization strategies, while promising, has yielded variable results. It has been concluded that surveillance systems in Latin America need to be improved by investigating new treatments and personalized approaches for the management of Candida auris.

Keywords: Fungus, nosocomial infections, antifungal treatments, neutrosophy, superhypersoft sets.

1 Introducción

Candida auris es un hongo emergente que ha captado la atención de la comunidad científica debido a su capacidad para causar infecciones graves, su resistencia a múltiples antifúngicos y su facilidad de propagación en entornos hospitalarios [1]. Desde su identificación en 2009, se ha reportado en diversos países, consolidándose como un patógeno de relevancia global y un desafío significativo para la salud pública [2].

Este hongo levaduriforme se distingue por su capacidad de formar colonias de color variable en medios de cultivo y su fenotipo polimórfico. A diferencia de otras especies del género Candida, C. auris puede colonizar la piel y persistir en el ambiente hospitalario, al favorecer su diseminación nosocomial. Su propagación ha sido rápida y alarmante, con reportes en Asia, Europa, América y África, lo que evidencia su capacidad de adaptación y resistencia en diversos entornos geográficos y clínicos [3].

Una de las principales preocupaciones asociadas a C. auris es su resistencia a múltiples clases de antifúngicos, al incluir azoles, equinocandinas y polienos [4-20]. Esta resistencia limita las opciones terapéuticas disponibles y se asocia con altas tasas de mortalidad, especialmente en pacientes inmunocomprometidos o críticamente enfermos. Las infecciones por C. auris se manifiesta en diferentes formas clínicas, desde colonización asintomática hasta

infecciones invasivas severas. Por lo tanto, la identificación temprana y precisa de este patógeno permite implementar de medidas de control de infecciones, así como la selección de un tratamiento antifúngico adecuado. No obstante, su diagnóstico en laboratorio suele ser complejo debido a su fenotipo variable y la necesidad de técnicas moleculares avanzadas.

De hecho, el control de la diseminación de C. auris en entornos hospitalarios requiere un trabajo multidisciplinario que abarque desde la higiene rigurosa de manos hasta la limpieza y desinfección ambiental. Además, la vigilancia activa de casos es fundamental para evitar brotes. De igual manera, las guías internacionales recomiendan medidas estrictas de aislamiento y control de contacto para los pacientes infectados o colonizados, así como la educación y capacitación continua del personal de salud [5-21]. Por ello, implementar estos protocolos de manera efectiva resulta esencial para mitigar el impacto de C. auris en el ámbito clínico, así como reducir su propagación en los servicios hospitalarios.

Por consiguiente, en virtud de lo expresado, el presente estudio tiene como objetivo realizar una revisión teórica sobre C. auris, al proporcionar un análisis actualizado sobre sus características microbiológicas, epidemiología, resistencia antifúngica, impacto clínico y estrategias de prevención y control. Además de integrar del Plithogenic n-SuperHyperGraph con la finalidad de una comprensión integral de la amenaza que representa este microorganismo y las medidas necesarias para su manejo efectivo en el ámbito clínico.

2. Métodos

2.1. Revisión de fuentes académicas.

Para el desarrollo del estudio, se realizó una revisión documental descriptiva sobre *Candida auris* en cuidados intensivos, basada en la búsqueda, selección y análisis de estudios relevantes. La búsqueda se efectuó en español e inglés en bases de datos como PUBMED, BVS, LILACS, ScienceDirect, SciELO, Cochrane Library y Google Académico, al utilizar términos MESH y DeCS combinados estratégicamente.

Por otra parte, se incluyeron artículos de investigación, revisiones, guías clínicas y series de casos publicados entre enero de 2019 y junio de 2024, al exceptuar un estudio centinela de 2009. Incluso, se excluyeron reportes de casos, opiniones de expertos y publicaciones fuera del período definido. Por consiguiente, tras la evaluación de títulos, resúmenes y lectura completa, se analizaron 71 artículos, a partir de los cuales se elaboró una síntesis narrativa sobre *Candida auris* en cuidados intensivos.

2.2. Plithogenic n-SuperHyperGraphs

La integración de Plithogenic n-SuperHyperGraphs en este estudio permite estructurar mediante vértices (elementos, variables u objetos) de las características microbiológicas, epidemiología, resistencia antifúngica, impacto clínico u otros elementos en el manejo de la *Candida auris* en cuidados intensivos. Así como estos vértices interactúan entre sí e incluso como la indeterminación entre ellos permite una comprensión integral de la *Candida auris,* para definir las medidas necesarias para su manejo clínico. Inclusive, estas conexiones permiten definir características poco claras, vagas o parcialmente desconocidas que influyen en el éxito del manejo multidisciplinario de esta afección.

Plithogenic n-SuperHyperGraphs were defined by Smarandache in the field of decision-making in [6] [7]

First, an n-SuperHyperGraph is defined as follows:

Given $V = \{V_1, V_2, \cdots, V_{\mathrm{m}}\}$, where $1 \leq \mathrm{m} \leq \infty$ is a set of vertices, containing *Single Vertices* which are classical, *Indeterminate Vertices* which are unclear, vague, partially known, and the *Null Vertices* that are empty or completely unknown.

$P(V)$ is the power set of V including $\emptyset$. $P^n(V)$ is the n-power set of V, which is defined recursively as follows:

$P^1(V) = P(V)$, $P^2(V) = P\big(P(V)\big)$, $P^3(V) = P\big(P^2(V)\big)$, …, $P^n(V) = P\big(P^{n-1}(V)\big)$, for $1 \leq \mathrm{n} \leq \infty$. Where it is also defined as $P^0(V) = V$.

An n-SuperHyperGraph (*n-SHG*) is an ordered pair $n - SHG = (G_n, E_n)$, where $G_n \subseteq P^n(V)$ and $E_n \subseteq P^n(V)$, for $1 \leq \mathrm{n} \leq \infty$. Such that, G_n is the set of vertices and E_n is the set of edges.

G_n contains all possible types of vertices as in the real world:

- *Single Vertices* (the classics),
- *Indeterminate Vertices* (unclear, vague, partially known),
- *Null Vertices* (empty, totally unknown),
- *SuperVertex* (or *SubsetVertex*) contains two or more vertices of the above types put together as a group (organization).
- *n- SuperVertex* which is a collection of vertices, where at least one of them is a *(n-1)- SuperVertex,* and the others can be *r- SuperVertex* for $r \leq \mathrm{n} - 1$.

E_n contains the following types of edges:

- *Single Edges* (the classics),
- *Indeterminate Edges* (unclear, vague, partially known),

- *Null Edges* (totally unknown, empty),
- *HyperEdge* (connecting three or more single vertices),
- *SuperEdge* (connecting two vertices, at least one of them is a SuperVertex),
- *n- SuperEdge* (connecting two vertices, at least one of them is an n- SuperVertex and may contain another that is an r-SuperVertex with $r \leq$ n).
- *SuperHyperEdge* (connects three or more vertices, where at least one of them is a SuperVertex),
- *n-SuperHyperEdge* (contains three or more vertices, at least one of which is an n-SuperVertex and may contain an r-SuperVertex with $r \leq$ n),
- *MultiEdge* (two or more edges connecting the same two vertices),
- *Loop* (an edge that connects an element to itself),

Graphs are classified as follows:

- Directed Graph (the classic one),
- Undirected Graph (the classic one),
- Neutrosophic Directed Graph (partially directed, partially undirected, partially indeterminate directed).

Within the framework of the theory of Plithogenic n-SuperHyperGraphs, we have the following concepts:

Enveloping vertex: A vertex representing an object comprising attributes and sub-attributes in the graphical representation of a multi-attribute decision-making environment.

SuperEnveloping vertex: An enveloping vertex comprises of SuperHyperEdges.

Dominant Enveloping Vertex: An enveloping vertex that is with dominant attribute values.

Dominant Super Enveloping Vertex: A super enveloping vertex with dominant attribute values.

Dominant Enveloping Vertex is classified into *input*, *intervene,* and *output* based on the nature of the object's representation.

Plithogenic Connectors: The connectors associate the input enveloping vertex with the output enveloping vertex. These connectors associate the effects of input attributes with output attributes and these connectors are weighted by plithogenic weights.

3. Integración del Plithogenic n-SuperHyperGraph: Aspectos esenciales del Candida auris

La Cándida auris (C. auris) es un hongo emergente que ha captado la atención de la comunidad médica global desde su descubrimiento. Fue reportado por primera vez en 2009 en Japón, donde fue aislado del conducto auditivo externo de un paciente. Los análisis genéticos y los estudios quimiotaxonómicos subsecuentes confirmaron rápidamente que se trataba de una nueva especie de hongo. Este resultado fue significativo ya que C. auris mostró características distintivas que lo diferencian de otras especies de Cándida.

Uno de los aspectos más preocupantes de C. auris es su notable resistencia a múltiples clases de antifúngicos, al incluir los azoles, las equinocandinas y los polienos, que son los principales tratamientos para las infecciones fúngicas. Esta resistencia múltiple no solo dificulta el tratamiento, sino que también limita las opciones terapéuticas disponibles, al incrementar la mortalidad asociada con las infecciones por C. auris. Esta resistencia ha sido atribuida a la plasticidad genética del hongo y su capacidad para adaptarse rápidamente a los tratamientos antifúngicos.

Además de su resistencia a los antifúngicos, C. auris tiene la capacidad de persistir en entornos hospitalarios durante periodos prolongados. Puede colonizar tanto a pacientes como a superficies hospitalarias, al facilitar su transmisión en entornos de cuidados intensivos. Esta capacidad de formar biofilms en dispositivos médicos, como catéteres y ventiladores, contribuye a su resistencia, al lograr que las infecciones sean particularmente difíciles de erradicar.

La capacidad de C. auris para causar brotes nosocomiales es otro aspecto crítico que complica su manejo en entornos clínicos. Los brotes de C. auris han sido reportados en muchos países, al afectar a unidades de cuidados intensivos y otros entornos hospitalarios. Estos brotes requieren la implementación de estrictas medidas de control de infecciones, al incluir el aislamiento de pacientes infectados o colonizados, la desinfección rigurosa de superficies y equipos, y la vigilancia continua para detectar nuevos casos.

Aparición reciente de Cándida auris [8]: A pesar de los esfuerzos científicos, no se ha logrado identificar un punto de origen claro para la C. auris, lo que ha llevado a especulaciones sobre su repentina aparición y rápida propagación en entornos hospitalarios alrededor del mundo. La hipótesis más aceptada sugiere que C. auris ha surgido recientemente debido a una combinación de factores ambientales y actividades humanas. Cambios ambientales, como el calentamiento global y la contaminación, pueden haber creado condiciones favorables para la mutación y adaptación. Además, la sobrepoblación humana y la migración masiva podrían haber facilitado la dispersión geográfica del hongo, al permitir que se establezca en nuevas regiones y en diversos entornos hospitalarios. Estos factores, combinados con la capacidad de C. auris para desarrollar resistencia a múltiples antifúngicos, han contribuido a su emergencia como un patógeno global de gran preocupación.

Factores contribuyentes a la emergencia y resistencia de C. auris: El papel de la contaminación y las prácticas agrícolas en la selección de cepas resistentes también ha sido objeto de estudio. La exposición a fungicidas agrícolas podría haber ejercido una presión selectiva sobre C. auris, al promover la evolución de cepas resistentes que luego infectaron a los humanos. Este fenómeno ha sido observado en otros patógenos fúngicos y podría explicar en parte la resistencia antifúngica observada. Además, la globalización y el aumento del comercio internacional pueden haber facilitado la dispersión de C. auris a través de productos contaminados o viajeros infectados, al ampliar aún más su alcance geográfico. Estos factores han creado un escenario en el que C. auris prospera y se disemina ampliamente, al lograr que su control sea un desafío significativo para los sistemas de salud en todo el mundo.

3.1 Estructura del Plithogenic n-SuperHyperGraph

Para la revisión teórica sobre la enfermedad Candida auris, se procede a usar la estructura Plithogenic n-SuperHyperGraph al proporcionar un panorama actualizado y concreto de los aspectos esenciales del agente fúngico. Esta estructura se encuentra compuesta por 3 supervertex (ver figura 1 a la 3). Entre los vértices se observan 3 vértices determinados (V_1 y V_2) y uno indeterminado (V_3), debido que *diagnóstico clínico* es parcialmente determinado en términos de identificación precisa (V_{32}). Además de constituir este último, como un vértice dominante en el manejo de esta afección. A continuación, se explica cada vértice que conforma la estructura de cada supervertex.

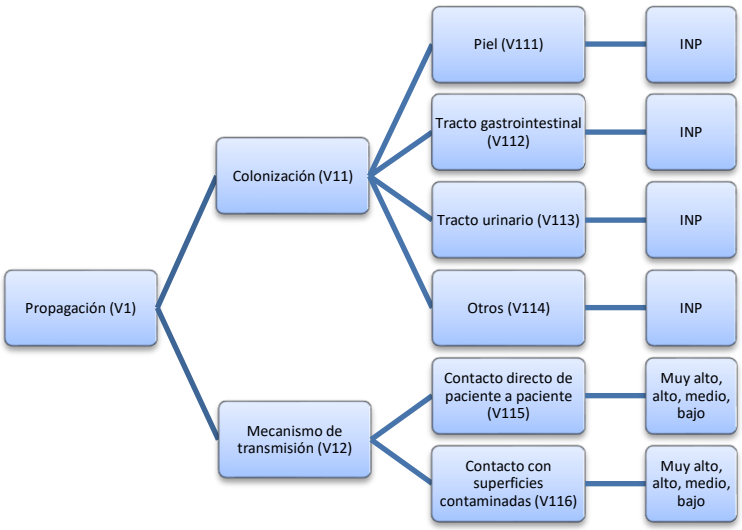


Figura 1: Estructura de supervertex V_1. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 1 se muestran los vértices que inciden en la propagación de la Cándida Auris, en donde se determinan los vértices colonización (V_{11}) y mecanismo de transmisión (V_{12}). Ambos vértices presenten atributos y subatributos representados por elementos neutrosóficos plitogénico. Entre los que se destacan el índice neutrosófico de propagación (INP), al incluir diferentes valores de medición de estos parámetros.

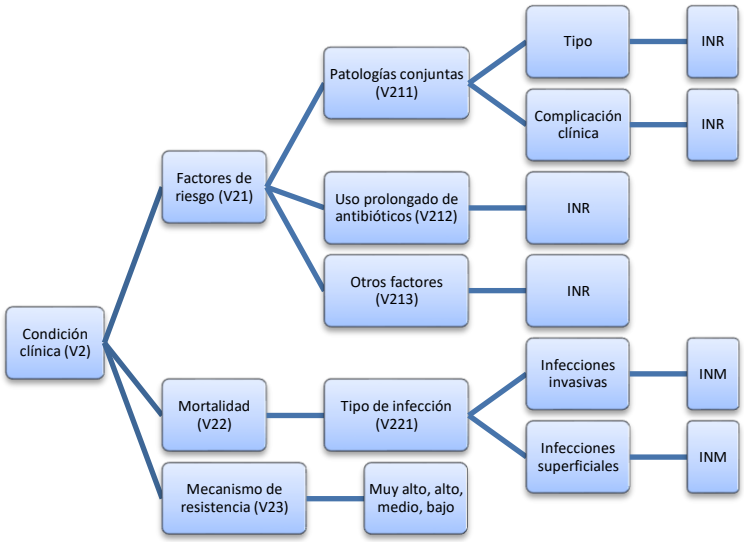


Figura 2: Estructura de supervertex V_2. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2 se muestran los vértices que inciden en los factores de riesgos de la Cándida Auris, en donde se determinan los vértices factores de riesgo, índice de mortalidad y mecanismo de resistencia ($V_{21}, V_{22}\ y\ V_{23}$). Ambos vértices presenten atributos y subatributos representados por elementos neutrosóficos plitogénicos. Entre los que se destacan el índice neutrosófico de riesgo (INR) de propagación y el índice neutrosófico de mortalidad, al incluir varios grados de pertenencia dentro del conjunto neutrosófico.

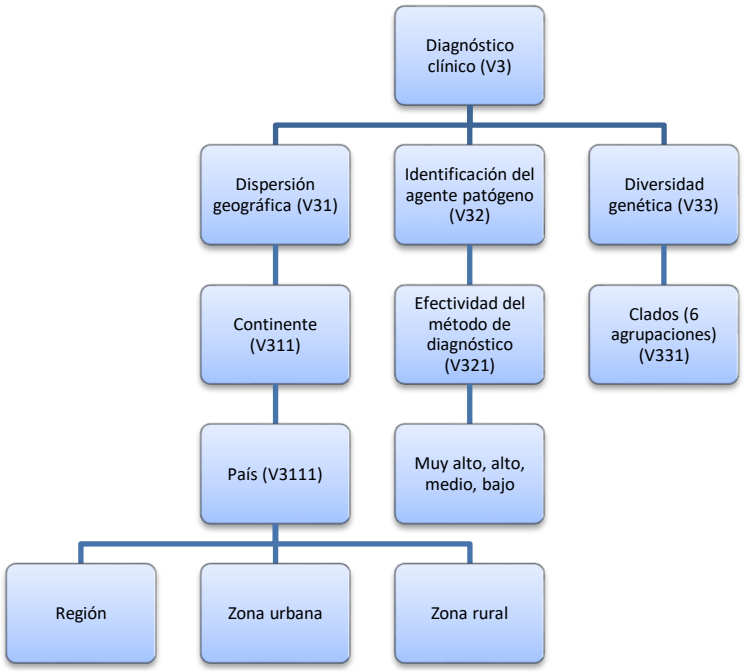


Figura 3: Estructura de supervertex V_3. Fuente: Elaboración propia.

Port último, en la figura 3 se muestran los vértices que inciden en el diagnóstico clínico de la Cándida Auris, en donde se determinan los vértices dispersión geográfica, identificación del agente patógeno y la diversidad genética ($V_{31}, V_{32}\ y\ V_{33}$). Ambos vértices presenten atributos y subatributos representados por elementos neutrosóficos plitogénico (muy alto, alto, medio, bajo). Además, se incluyen las diferentes fases o estados al evaluar el paciente a partir de su diagnóstico clínico.

3.1.1 Análisis de cada vértice del supervertex V_1: Propagación.

Colonización (V_{11})

La C. auris es un hongo que puede colonizar múltiples sitios en el cuerpo humano, al constituir la piel su localización más común. Esta colonización cutánea es particularmente relevante en los entornos hospitalarios, donde C. auris puede persistir y diseminarse. Además de la piel, C. auris también puede colonizar el tracto gastrointestinal y el tracto urinario, aunque en menor medida. Estas localizaciones han sido observadas en diversos brotes en unidades de cuidados intensivos (UCI).

Mecanismos de transmisión V_{12}

La C. auris se transmite principalmente a través del contacto directo de paciente a paciente o mediante el contacto con superficies contaminadas. Este mecanismo de transmisión es altamente eficiente, dado que C. auris puede persistir en el entorno hospitalario durante periodos prolongados. La capacidad de C. auris para formar biopelículas en superficies y dispositivos médicos contribuye significativamente a su persistencia y a la propagación de infecciones. Estas biopelículas son estructuras complejas que protegen a las células del hongo de los agentes desinfectantes y antifúngicos, al dificultar su erradicación [9].

Por ende, la capacidad de C. auris para sobrevivir en el ambiente durante meses aumenta el riesgo de transmisión nosocomial. De hecho, las superficies contaminadas, como camas, equipos médicos y manos del personal sanitario, actúan como reservorios de C. auris.

3.1.2 Análisis de cada vértice del supervertex V_2: Condición clínica.

Factores de riesgo V_{21}

Los factores de riesgo que predisponen a la enfermedad por C. auris se encuentran en consonancia con los de otras especies de Cándida. Por lo tanto, estos incluyen:

- Hipertensión arterial
- Diabetes
- Enfermedad renal crónica
- Enfermedad cardiovascular
- Infección por Covid-19
- Neumopatía crónica
- Uso prolongado de antibióticos

Este último especialmente cuando la terapia se prolonga más allá de 14 días, al tomar en cuenta que constituye un factor de riesgo significativo para alterar el microbiota normal y permitir la colonización por C. auris. Otros factores significativos incluyen la colonización previa por C. auris y el uso de catéteres venosos centrales, especialmente cuando el catéter ha estado colocado durante más de 30 días. Por otro lado, la ventilación mecánica, la nutrición parenteral total, la cirugía abdominal previa y la terapia inmunosupresora son factores adicionales que predisponen a los pacientes a desarrollar infecciones por C. auris.

Mortalidad V_{22}

La mortalidad atribuible a C. auris varía significativamente al depender del tipo de infección. Un estudio realizado en el Condado de Los Ángeles mostró que la mortalidad a 30 días fue del 17%, al destacar la gravedad de las infecciones invasivas en comparación con las infecciones superficiales.

Mientras que en un análisis de hospitalizaciones asociadas a C. auris en los Estados Unidos entre 2017 y 2022 estimó una tasa de mortalidad cruda del 34% [10]. Este dato refuerza la preocupación sobre la alta mortalidad, especialmente en entornos hospitalarios. Además, un metaanálisis global estimó que la mortalidad general por infecciones de C. auris es del 39%, con tasas de mortalidad más altas observadas en casos de infecciones del torrente sanguíneo, alcanzando el 45%.

Finalmente, en Qatar, un estudio descriptivo encontró una tasa de mortalidad del 41.6% dentro de los 30 días en pacientes con infecciones del torrente sanguíneo por C. auris. Los factores asociados con la alta mortalidad incluían un puntaje SOFA inicial de 9 o más y la ausencia de control de la fuente de infección.

Estos estudios demuestran la alta mortalidad asociada con Candida auris, especialmente en infecciones invasivas y en entornos de cuidados intensivos. La resistencia múltiple a los antifúngicos y la capacidad de persistir en el entorno hospitalario complican aún más el manejo de este patógeno.

Mecanismo de resistencia de la C. auris V_{23}

Al igual que los agentes bacterianos, los mecanismos de resistencia de C. auris a los principales antifúngicos disponibles son variados y complejos, por lo que se mencionan los principales a continuación:

Mecanismo de resistencia a los azoles [11]

- Bombas de eflujo: puede expulsar los azoles fuera de la célula mediante la sobreexpresión de bombas de eflujo como CDR1 y MDR1.
- Cambios en ERG11: Mutaciones en el gen ERG11 interfieren con la síntesis de ergosterol, al reducir la eficacia de los azoles.

- Vías metabólicas alternativas: Activa vías metabólicas alternativas en respuesta al estrés, al contribuir a la resistencia.

Mecanismo de resistencia a Polienos

- Cambios en la membrana: C. auris puede modificar la composición de su membrana, de manera que la anfotericina B no pueda adherirse y fragmentar la membrana.
- Reducción de Ergosterol: La anfotericina B ataca una sustancia específica en la membrana llamada ergosterol. Si la C. auris reduce la cantidad de ergosterol en su membrana, la anfotericina B no tiene donde ligarse.

Equinocandinas [12]

- Mutaciones en FKS1: Mutaciones en el gen FKS1, que codifica para la subunidad de la 1,3-β-D-glucano sintasa, confieren resistencia a las equinocandinas, como la caspofungina.
- Producción de vesículas extracelulares: Cuando se enfrenta a equinocandinas como la caspofungina, la C.auris puede producir vesiculas que llevan material genético y proteínas, al ayudar a la célula a adaptarse y resistir el tratamiento.

Resistencia a antifúngicos

La capacidad de Candida auris para expresar resistencia a múltiples clases de antifúngicos es una característica distintiva. Sin embargo, no existe un consenso claro sobre las concentraciones mínimas inhibitorias (CIM) que definen una cepa resistente, debido a la variabilidad en las guías y estudios de diferentes organismos y regiones. En general, al evaluar las CIM para determinar la resistencia, se observa que entre el 60% y el 90% de las cepas de C. auris son resistentes al fluconazol, del 10% al 30% muestran altas CIM para anfotericina B, y hasta un 5% son consideradas resistentes a las equinocandinas [13-22-23].

Hasta el momento, se han identificado seis clados de C. auris, cada uno con características fenotípicas y de resistencia distintas, donde en América Latina, el clado IV es el más predominante. Estudios han demostrado que los aislados de este clado presentan mutaciones en genes asociados con la resistencia a los azoles, como ERG11, y en menor medida a las equinocandinas, como el gen FKS1, lo que contribuye a su multirresistencia. Este clado ha mostrado una mayor virulencia en comparación con otros clados, al requerir de estrategias de tratamiento específicas adaptadas para la región; sin dejar de lado que la movilidad global ha permitido ver clados de localizaciones geográficas muy distantes en lugares remotos.

3.1.3 Análisis de cada vértice del supervertex V_3: Diagnóstico clínico.

Dispersión geográfica V_{31}

I. Distribución global

Desde su aparición en Asia hace aproximadamente 15 años, C. auris no ha hecho más que distribuirse globalmente, con un aumento exponencial en los casos reportados. En los Estados Unidos, el número de casos se triplicó entre 2019 y 2021, al pasar de 476 a 1471 infecciones confirmadas. Este patrón de aumento exponencial rápido también se ha observado en Europa y otras partes del mundo. La rápida propagación es motivo de gran preocupación, especialmente debido a su capacidad para resistir múltiples antifúngicos y persistir en el entorno hospitalario, lo que facilita brotes nosocomiales difíciles de controlar.

A pesar de que hasta ahora C. auris no se ha establecido como un patógeno comunitario, su presencia es una amenaza significativa en las unidades de cuidados intensivos (UCI), donde los pacientes más vulnerables corren el mayor riesgo de infección. De hecho, la capacidad de C. auris para colonizar la piel y persistir en superficies médicas y equipos contribuye a su propagación en estos entornos críticos.

En Latinoamérica, C. auris ha sido identificada como un patógeno emergente, con varios informes de infecciones nosocomiales. Un análisis del Programa de Vigilancia Antifúngica SENTRY mostró que se detectaron seis aislamientos de C. auris en Ecuador y otros países de la región, todos resistentes a fluconazol y asociados con infecciones del torrente sanguíneo en entornos hospitalarios.

Además, otro estudio más reciente documentó un aumento en la incidencia de infecciones por C. auris en América Latina, al coincidir con un aumento global. La capacidad de C. auris para resistir múltiples antifúngicos y persistir en el ambiente hospitalario hace que su control sea particularmente desafiante

En Ecuador, los datos son limitados, en donde un estudio de revisión, se evidenció que la prevalencia de infección en pacientes en UCI alcanza el 30%. Este estudio también destacó las discrepancias en la identificación de especies entre diferentes métodos, al acentuar la necesidad de técnicas diagnósticas precisas y estandarizadas.

Identificación del agente patógeno V_{32}

Al igual que otros agentes patógenos, ha presentado desafíos en términos de identificación precisa. Este hongo suele ser erróneamente identificado como otras especies de Candida o incluso como otros géneros fúngicos, al conllevar a errores diagnósticos y, en consecuencia, a decisiones terapéuticas incorrectas. Por ejemplo, C. auris ha sido incorrectamente identificada como C. haemulonii mediante el sistema Vitek 2YST, como Rhodotorula glutinis con API 20C, y como C. famata con Microscan, por mencionar solo algunos ejemplos. Estas discrepancias en

la identificación se deben a las limitaciones de los métodos fenotípicos tradicionales y al realzar la necesidad de técnicas más precisas y rápidas [14-24].

Para abordar estas limitaciones, se ha desarrollado varios métodos de diagnósticos, entre ellos el CHROMagar Candida Plus, que ofrece una sensibilidad y especificidad del 100% a las 36 horas de incubación, al presentarse como una herramienta altamente efectiva para la identificación de C. auris. No obstante, otros métodos como el VITEK 2 aún presentan una capacidad limitada para identificar correctamente a C. auris, con variaciones en el rendimiento según el clado genético del hongo, al ser más efectivo para clados sudamericanos.

El método de espectrometría de masas MALDI-TOF (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight) se ha convertido en el estándar de referencia para la identificación de C. auris. Este método supera las limitaciones de las técnicas fenotípicas al basarse en la desorción e ionización de moléculas mediante un rayo láser. Los iones resultantes son acelerados y detectados en un sensor, comparándose su masa y tiempo de vuelo con una base de datos de patrones específicos del fabricante, lo que permite una identificación precisa del patógeno.

Por lo tanto, la implementación de métodos avanzados como el MALDI-TOF o CHROMagar™ Candida Plus en los laboratorios de diagnóstico es crucial para mejorar la precisión en la identificación de C. auris y, por ende, para optimizar las decisiones terapéuticas. Estos avances son especialmente significativos en regiones donde el acceso a tecnologías diagnósticas avanzadas es limitado, como en muchas partes de Latinoamérica, donde la identificación errónea de C. auris puede tener consecuencias significativas en la gestión y control de brotes [15-25].

Diversidad Genética de C. auris V_{33}

Cuando se habla de diversidad genética, se hace mención a los clados, que no es más que las diferentes agrupaciones genéticas de esta especie de hongo, las cuales se han identificado a nivel global. Estos clados representan linajes evolutivos distintos que han surgido y se han dispersado en diferentes regiones del mundo. Actualmente, se reconocen principalmente seis:

- Clado I (Sur de Asia): distribución principalmente en India y Pakistán. ha mostrado una alta resistencia a los antifúngicos azoles y equinocandinas, aunque hay variabilidad en la resistencia a anfotericina.
- Clado II (Este de Asia): distribución en japon y corea del sur, Muestra resistencia significativa a azoles, pero tiene una menor prevalencia de resistencia a equinocandinas comparado con otros clados.
- Clado III (África): distribución principalmente en sudafrica, alta resistencia a azoles y anfotericina B.
- Clado IV (Sudamérica): distribución principalmente en Venezuela, tiene alta resistencia a los azoles seguido de anfotericina B, pero con sensibilidad a equninocandidas
- Clado V (Irán): Identificado más recientemente a través de la secuenciación del genoma completo de aislados iraníes [16-26].
- Clado VI (Singapur y Bangladesh): El descubrimiento más reciente de un nuevo clado en Singapur y Bangladesh, reafirma la continua evolución y dispersión de C. auris.

Conocer los clados es crucial debido a las variaciones en la resistencia a los antifúngicos, lo que permite seleccionar tratamientos más efectivos y ajustar las terapias según la resistencia específica del clado. Además, facilita la epidemiología y el control de infecciones, al permitir rastrear brotes y aplicar medidas de control adecuadas. De igual forma, la distribución geográfica de los clados informa sobre la propagación global del hongo. También, la investigación sobre las diferencias genéticas entre clados conduce al desarrollo de nuevos tratamientos antifúngicos específicos, superando las resistencias presentes en cada clado. Finalmente, conocer los clados influye en las políticas de prevención de infecciones, especialmente en áreas con clados altamente resistentes, por ende, la necesidad de medidas de control más estrictas.

3.2.1 Medidas de aislamiento y contención.

Con todo lo que se sabe de la C. auris, el aislamiento y contención requiere la implementación de estrictas medidas para controlar su propagación.

Medidas de aislamiento

- Habitaciones privadas: Los pacientes infectados o colonizados deben ser aislados en habitaciones privadas para minimizar el riesgo de transmisión a otros pacientes. Esto es esencial para evitar la diseminación del hongo en áreas de alta vulnerabilidad, como las unidades de cuidados intensivos (UCI).
- Precauciones de contacto: El personal de salud debe utilizar guantes y batas al entrar en la habitación de un paciente. Estas precauciones deben mantenerse hasta que el paciente esté libre de colonización, confirmado mediante cultivos negativos repetidos.
- Uso de mascarillas: Aunque C. auris no se transmite por vía aérea, el uso de mascarillas puede considerarse para evitar la propagación a través de gotas en casos de procedimientos que generan aerosoles.
- Restricción de movimiento: Limitar el movimiento de pacientes colonizados o infectados dentro del hospital para reducir el riesgo de contaminación de otras áreas. Esto incluye evitar transferencias innecesarias y limitar el uso compartido de equipos médicos.

Medidas de contención

- Limpieza y desinfección rigurosas: Las superficies y equipos en contacto con pacientes infectados deben ser limpiados y desinfectados regularmente con productos efectivos desinfectantes a base de peróxido de hidrógeno o cloro.
- Control de equipos médicos: Uso exclusivo de equipos médicos desechables o dedicados (p.ej., termómetros, estetoscopios) para pacientes infectados. Si no es posible, estos deben ser desinfectados adecuadamente entre usos.
- Higiene de manos: El lavado de manos con agua y jabón o el uso de desinfectantes a base de alcohol es esencial antes y después del contacto con pacientes o superficies contaminadas. La adherencia estricta a la higiene de manos es fundamental para prevenir la transmisión
- Vigilancia activa: Realizar cultivos de vigilancia en pacientes de alto riesgo y contactos cercanos de casos conocidos para identificar y manejar rápidamente nuevas colonizaciones. La vigilancia activa permite la detección temprana y el aislamiento rápido de casos adicionales.
- Educación del personal: Capacitar a todos los trabajadores de salud sobre las prácticas adecuadas de control de infecciones y la necesidad de las medidas de aislamiento y contención. La educación continua es clave para asegurar la adherencia a los protocolos y minimizar errores.
- Comunicación y coordinación: Informar a los centros de salud y autoridades sanitarias sobre casos confirmados de C. auris para asegurar un manejo coordinado y adecuado de los brotes. La comunicación efectiva entre las diferentes partes involucradas es crucial para el control exitoso de los brotes.

3.2.2 Manejo integral de Candida auris a partir del análisis del grafo neutrosófico

En la figura 4 se propone una representación de la estructura Plithogenic n-SuperHyperGraph a partir del grafo neutrosófico. En el se observa que el supervertex diagnóstico clínico es indeterminado, esto se debe porque Candida auris presenta una dispersión en diferentes regiones del planeta. Además, la diversidad de esta afección genera dificultades en su diagnóstico, por tanto, los especialistas en salud deben estar preparados para el diagnóstico de esta afección. Incluso, la unión de este supervertex V_3 con el vértice V_{23} indica que no solo es diagnosticar este patógeno, sino identificar la cepa para definir el tipo de tratamiento a aplicar. De hecho, cada cepa tiene su resistencia a múltiples clases de antifúngicos, lo que requiere de que el personal médico se encuentre capacitado sobre este tipo de patología

Otro punto a destaca, son los agrupamientos de vértices en el que se destacan la condición clínica de los pacientes que contribuyen a la proliferación y colonización de Candida auris. Por ello, la implementación de medidas de aislamiento y contención son necesarias para detener su colonización. Este punto, requiere atención pues se debe establecer protocolos de prevención y control de Candida auris en zonas rurales, donde existe menos cobertura médica y una estructura de salud menos efectiva para enfrentar este problema.

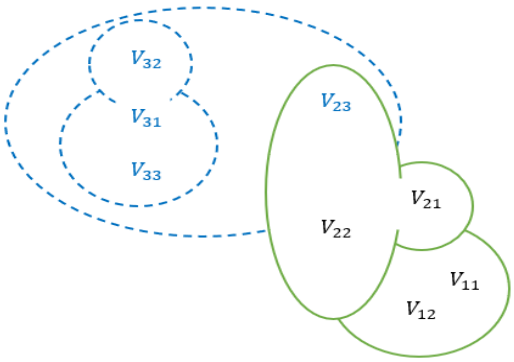


Figura 4: Grafo dirigido neutrosófico sobre el manejo de la Candida auris. Fuente: Elaboración propia.

4. Discusión

La identificación de *Candida auris* mediante hisopados cutáneos y de otras áreas colonizadas ha constituido un aspecto fundamental en la vigilancia epidemiológica. La detección temprana de la colonización ha permitido la implementación oportuna de medidas de control, al resultar esencial para prevenir brotes en entornos hospitalarios. De hecho, los hisopados cutáneos han sido especialmente útiles debido a la alta prevalencia de colonización en la piel, lo que ha facilitado la identificación del hongo en el ambiente clínico.

Por otro lado, la vigilancia epidemiológica activa, basada en técnicas de muestreo sistemático, ha permitido controlar la propagación de *Candida auris* en unidades de cuidados intensivos. Su capacidad para formar biopelículas en superficies y dispositivos médicos ha incrementado la necesidad de una identificación rápida y precisa. La detección temprana no solo ha permitido contener brotes, sino que también ha contribuido a reducir la morbilidad y mortalidad asociadas con este patógeno. En este sentido, la persistencia ambiental de *Candida auris* ha evidenciado la necesidad de aplicar medidas estrictas de control de infecciones, al incluir la desinfección continua de superficies y el uso adecuado de equipos de protección personal.

No obstante, la ausencia de medidas de control efectivas y la identificación tardía de infecciones han agravado el problema, al evidenciar la necesidad de mejorar los sistemas de vigilancia, fortalecer las estrategias de prevención y promover el desarrollo de nuevos antifúngicos. En particular, la colonización de pacientes críticos ha sido un aspecto relevante, ya que *Candida auris* se ha identificado con mayor frecuencia en la piel, aunque también ha persistido en el tracto intestinal, donde su presencia ha resultado más prolongada. Este patrón de colonización ha resaltado la necesidad de monitorear ambos sitios en pacientes en estado crítico, debido a que han funcionado como reservorios para infecciones posteriores y han favorecido la transmisión nosocomial.

Ante esta problemática, la descolonización se ha presentado como una estrategia de manejo potencial, definida como el proceso de eliminación del patógeno en el huésped [17]. Sin embargo, su efectividad ha sido objeto de debate debido a la capacidad de *Candida auris* para formar biopelículas y a los efectos adversos de algunos métodos utilizados. A pesar de estas dificultades, estudios recientes han demostrado que la descolonización, cuando se ha aplicado dentro de protocolos estrictos de control de infecciones, ha contribuido a la contención de brotes hospitalarios.

En este sentido, diversas investigaciones han explorado agentes específicos para la descolonización, como el aceite de semilla de *Withania somnifera*, que ha mostrado actividad antibiofilm contra *Candida auris* en estudios experimentales [18]. Asimismo, la aplicación de desinfectantes como el peróxido de hidrógeno ha mantenido su eficacia sin inducir resistencia tras exposiciones repetidas [19]. Estos resultados han sugerido que la descolonización puede constituir una herramienta prometedora en la lucha contra *Candida auris*, aunque se ha requerido mayor evidencia para confirmar su aplicabilidad en el entorno clínico.

La variabilidad en la efectividad de los agentes descolonizantes ha sugerido que su éxito puede haber dependido tanto del tipo de compuesto utilizado como del contexto epidemiológico del brote. Además, ha resultado fundamental considerar la diversidad genética de *Candida auris*, debido a que se ha demostrado que algunas estrategias han sido más eficaces en ciertos clados del hongo que en otros. Por ello, la identificación del clado específico ha sido un factor determinante en la selección de medidas de descolonización, al formar parte en la personalización y en el control de este patógeno emergente.

Por último, el uso de la estructura Plithogenic n-SuperHyperGraph en el manejo de Candida auris ha fomentado una comprensión de los aspectos fundamentales de este agente fúngico. De hecho, el análisis del grafo ha propuesto a futuro profundizar en la identificación precisa y temprana de cepas de Candida auris, especialmente en regiones donde la infraestructura de salud es limitada. Además, indica que se debe investigar más a fondo la eficacia de diferentes agentes de descolonización y su capacidad para superar las biopelículas formadas por el hongo. También sería beneficioso explorar terapias combinadas que aborden tanto la persistencia ambiental como la colonización en pacientes críticos, enfocado en la diversidad genética de las cepas involucradas. De modo que ofrezcan soluciones más efectivas para controlar la diseminación de Candida auris en el ámbito hospitalario.

5. Conclusión

La detección temprana de *Candida auris* mediante hisopados cutáneos ha constituido una herramienta vital para la vigilancia epidemiológica y la prevención de brotes hospitalarios, en especial en unidades de cuidados intensivos. Por otro lado, la implementación de la estructura *Plithogenic n-SuperHyperGraph* ha facilitado una comprensión del manejo del patógeno, al profundizar en aspectos relacionados con la identificación y precisión de las cepas. Para ello, se ha sugerido fomentar la personalización de los tratamientos, en especial en áreas con infraestructura de salud limitada.

Las estrategias de descolonización han mostrado ser prometedoras, aunque se ha requerido mayor evidencia para confirmar su aplicabilidad en el entorno clínico. A pesar de los avances en la literatura científica, la falta de estudios en América Latina, como en Ecuador, ha resaltado la necesidad urgente de investigar la epidemiología regional y desarrollar estrategias de tratamiento adaptadas a la realidad local. De hecho, contribuiría significativamente a mejorar los resultados en salud pública, al reducir la morbilidad y mortalidad asociada con *Candida auris*.

Referencias

[1] S. C. Z. Muñoz and J. E. C. Jalca, "Epidemiologia, factores de riesgo y especies de cándidas en pacientes de la unidad de cuidados intensivos," *Polo del Conocimiento,* vol. 8, no. 4, pp. 227-259, 2023. [Online]. Available: https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/5353.

[2] S. De Gaetano, A. Midiri, G. Mancuso, M. G. Avola, and C. Biondo, "Candida auris outbreaks: current status and future perspectives," *Microorganisms,* vol. 12, no. 5, p. 927, 2024. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2076-2607/12/5/927.

[3] B. R. Jackson *et al.*, "On the origins of a species: what might explain the rise of Candida auris?," *Journal of Fungi,* vol. 5, no. 3, p. 58, 2019. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2309-608X/5/3/58.

[4] J. M. Rybak, C. A. Cuomo, and P. David Rogers, "The molecular and genetic basis of antifungal resistance in the emerging fungal pathogen Candida auris," *Current Opinion in Microbiology,* vol. 70, no. December pp. 1-7, 2022/12/01/ 2022. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369527422000923.

[5] C. J. Johnson *et al.*, "Augmenting the activity of chlorhexidine for decolonization of Candida auris from porcine skin," *Journal of Fungi,* vol. 7, no. 10, p. 804, 2021. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2309-608X/7/10/804.

[6] M. Rahmati and M. Hamidi, "On Strong Super Hyper EQ Algebras: A Proof-of-Principle Study," *Plithogenic Logic and Computation,* vol. 2, no. August, pp. 29-36, 08/04 2024. [Online]. Available: https://sciencesforce.com/index.php/plc/article/view/351.

[7] F. Smarandache, "Foundation of SuperHyperStructure & Neutrosophic SuperHyperStructure," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 63, no. 1, p. 21, 2024. [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2577&context=nss_journal.

[8] C. Sharma and D. Kadosh, "Perspective on the origin, resistance, and spread of the emerging human fungal pathogen Candida auris," *PLoS Pathogens,* vol. 19, no. 3, p. e1011190, 2023. [Online]. Available: https://journals.plos.org/plospathogens/article?id=10.1371/journal.ppat.1011190.

[9] S. Sansom *et al.*, "Multicenter evaluation of contamination of the healthcare environment near patients with Candida auris skin colonization," *Antimicrobial Stewardship & Healthcare Epidemiology,* vol. 2, no. S1, pp. s78-s79, 2022. [Online]. Available: https://www.cambridge.org/core/journals/antimicrobial-stewardship-and-healthcare-epidemiology/article/multicenter-evaluation-of-contamination-of-the-healthcare-environment-near-patients-with-candida-auris-skin-colonization/817C4DBE797196F4E3FC7873B18CE3E4.

[10] S. Tsay, A. Kallen, B. R. Jackson, T. M. Chiller, and S. Vallabhaneni, "Approach to the investigation and management of patients with Candida auris, an emerging multidrug-resistant yeast," *Clinical Infectious Diseases,* vol. 66, no. 2, pp. 306-311, 2018. [Online]. Available: https://academic.oup.com/cid/article/66/2/306/4083688?login=false.

[11] B. Erturk Sengel, B. Y. Ekren, E. Sayin, N. Cerikcioglu, U. Sezerman, and Z. Odabasi, "Identification of Molecular and Genetic Resistance Mechanisms in a Candida auris Isolate in a Tertiary Care Center in Türkiye," *Mycopathologia,* vol. 188, no. 6, pp. 929-936, 2023. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s11046-023-00787-1.

[12] Y. Lee, N. Robbins, and L. E. Cowen, "Molecular mechanisms governing antifungal drug resistance," *npj Antimicrobials and Resistance,* vol. 1, no. 1, p. 5, 2023. [Online]. Available: https://www.nature.com/articles/s44259-023-00007-2.

[13] L. Rossato, S. Simionatto, M. R. Serafini, and I. A. Alves, "New technologies to diagnose and treat a multidrug-resistant Candida auris: a patent review," *Mycopathologia,* vol. 187, no. 5, pp. 535-546, 2022. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s11046-022-00669-y.

[14] N. Pandya *et al.*, "International multicentre study of Candida auris infections," *Journal of Fungi,* vol. 7, no. 10, p. 878, 2021. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2309-608X/7/10/878.

[15] P. Escandón, S. R. Lockhart, N. A. Chow, and T. M. Chiller, "Candida auris: a global pathogen that has taken root in Colombia," *Biomédica,* vol. 43, no. supl. 1, pp. 278-287, 2023. [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-41572023000500278&script=sci_arttext.

[16] J. Koleri, H. M. Petkar, H. A. Rahman S. Al Soub, and M. A. Rahman S. AlMaslamani, "Candida auris Blood stream infection-a descriptive study from Qatar," *BMC infectious diseases,* vol. 23, no. 1, p. 513, 2023. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s12879-023-08477-5.

[17] A. Balkrishna, B. Kharayat, S. Rastogi, M. Kabdwal, S. Haldar, and A. Varshney, "Withania somnifera seed oil exhibits antibiofilm properties against drug-resistant Candida auris clinical isolate through modulation in cell permeability," *Journal of Applied Microbiology,* vol. 134, no. 6, p. lxad087, 2023. [Online]. Available: https://academic.oup.com/jambio/article-abstract/134/6/lxad087/7140525?login=false.

[18] D. T. Sathyapalan *et al.*, "Evaluating the measures taken to contain a Candida auris outbreak in a tertiary care hospital in South India: an outbreak investigational study," *BMC Infectious Diseases,* vol. 21, no. 1, p. 425, 2021. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s12879-021-06131-6.

[19] L. Cobrado, E. Ricardo, P. Ramalho, A. R. Fernandes, and A. G. Rodrigues, "Does repeated exposure to hydrogen peroxide induce Candida auris resistance?," *Antimicrobial Resistance & Infection Control,* vol. 12, no. 1, p. 92, 2023. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s13756-023-01281-5.

[20] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[21] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[22] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[23] von Feigenblatt, O. F. “Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies”, pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[24] von Feigenblatt, O. F. “Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth”. Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[25] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. “Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes”. Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[26] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. “Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador”. Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 20, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Evaluación de estrategias de prevención de la hepatitis B en embarazadas mediante SVMNS COPRAS

Evaluation of hepatitis B prevention strategies in pregnant women using SVMNS COPRAS

Edwin Rafael Omaña Durán [1], Hilary Justin Ortega Dueñas [2], Valentina Dayanara Rodríguez Anangonó [3], and César Paúl Cervantes García [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo, Ecuador. us.edwinod79@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo, Ecuador. hillaryod61@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo, Ecuador. valentinadra07@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo, Ecuador. cesarcg02@uniandes.edu.ec

Resumen. La transmisión vertical del virus de la hepatitis B ha representado una amenaza para la salud materna e infantil, con complicaciones graves durante el embarazo y el parto. Por ello, el presente estudio se orientó en proponer estrategias para la prevención de la transmisión vertical de la hepatitis B en mujeres embarazadas, mediante la aplicación del método COPRAS Multineutrosófico de Valor Único. Así como el análisis clínico-epidemiológico y la descripción de un protocolo preventivo de un caso clínico presentado. Los resultados del análisis multineutrosófico han evidenciado que la prueba de HBsAg y la accesibilidad a los servicios son fundamentales para prevenir la transmisión de la hepatitis B. En conclusión, se observó que la implementación de estrategias basadas en pruebas tempranas, programas de educación y el acceso equitativo a la atención son clave para reducir la transmisión vertical del VHB y mejorar la salud pública en Santo Domingo de los Tsáchilas.

Palabras Claves: VHB, transmisión vertical, salud materno-infantil, multineutrosofía, SVMNS COPRAS.

Abstract. The vertical transmission of the hepatitis B virus has posed a threat to maternal and child health, with serious complications during pregnancy and childbirth. Therefore, this study aimed to propose strategies for preventing vertical transmission of hepatitis B in pregnant women through the application of the Unique Value Multineutrosophic COPRAS method, as well as clinical-epidemiological analysis and the description of a preventive protocol for a presented clinical case. The results of the multineutrosophic analysis have shown that the HBsAg test and access to services are essential for preventing hepatitis B transmission. In conclusion, it was observed that the implementation of strategies based on early testing, educational programs, and equitable access to care are key to reducing vertical transmission of HBV and improving public health in Santo Domingo de los Tsáchilas..

Keywords: HBV, Vertical transmission, maternal-child health, Multineutrosofics, SVMNS COPRAS.

1 Introducción

La hepatitis B representa un reto significativo para la salud pública, especialmente para mujeres embarazadas, quienes enfrentan riesgos adicionales por los cambios fisiológicos del embarazo y las posibles complicaciones para el feto [1]. El VHB afecta a 257 millones de personas a nivel mundial, al ser responsable de cerca de un millón de muertes anuales [2] [3]. A pesar de la existencia de una vacuna eficaz, la prevalencia se mantiene alta, especialmente en América Latina [4]. En Ecuador, entre 2017 y 2022, se reportaron 1.292 casos, con una alta incidencia en menores de un año, lo que refleja una transmisión materno-infantil activa. Sin un tratamiento adecuado, la hepatitis B conlleva a cirrosis y cáncer hepático, lo que ha impulsado su inclusión en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la OMS [5] [6].

Por ende, este estudio se enfoca en proponer estrategias para la prevención de la transmisión vertical del VHB en mujeres embarazadas, mediante el análisis clínico-epidemiológico, la descripción de un protocolo preventivo y la aplicación del método COPRAS Multineutrosófico de Valor Único (SVMNS COPRAS). Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los aspectos moleculares, dinámicas epidemiológicas y características clínicas de la hepatitis B.

- Describir el protocolo de prevención de la transmisión vertical del VHB a partir de un caso clínico con cirrosis hepática y hepatitis B crónica durante el embarazo en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.
- Determinar mediante el método SVMNS COPRAS las mejores estrategias de prevención de la transmisión vertical del VHB de madres a recién nacidos.

De hecho, se busca fomentar y potenciar en este estudio la reducción de la incidencia de hepatitis B en neonatos, al centrarse en la mejora de la salud materno-infantil en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Así como el análisis del caso clínico propuesto que permite fortalecer las prácticas preventivas y terapéuticas, al contribuir así a la promoción de la salud pública y al bienestar de esta población vulnerable.

Por otro lado, la aplicación del método SVMNS COPRAS representa un aporte metodológico relevante, al evaluar las estrategias preventivas y terapéuticas bajo condiciones de incertidumbre según la opinión del conjunto de especialistas propuestos [7,16,17]. Su capacidad para manejar datos imprecisos e incompletos proporciona una herramienta para la toma de decisiones en la prevención de la transmisión vertical del VHB. De modo que facilita así la identificación de las medidas más eficaces en las etapas prenatal y postnatal. Este aspecto resulta determinante para la implementación de políticas sanitarias efectivas que fortalezcan la protección materno-infantil en la en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

2. Antecedentes y fundamentos de la neutrosofía

2.1. Conjunto multineutrosófico

Definition 1 [8]. The *Neutrosophic set* N is characterized by three membership functions, which are the truth-membership function T_A, indeterminacy-membership function I_A, and falsity-membership function F_A, where U is the Universe of Discourse and $\forall x \in U$, $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \subseteq]^{-}0, 1^{+}[$, and $^{-}0 \leq \inf T_A(x) + \inf I_A(x) + \inf F_A(x) \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \leq 3^{+}$.

See that according to the definition, $T_A(x), I_A(x)$, and $F_A(x)$ are real standard or non-standard subsets of $]^{-}0, 1^{+}[$ and hence, $T_A(x), I_A(x)$ and $F_A(x)$ can be sub-intervals of $[0, 1]$. $^{-}0$ and 1^{+} belong to the set of hyperreal numbers.

Definition 2. The *Single-Valued Neutrosophic Set* (SVNS) A over U is $A = \{< x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) > : x \in U\}$, where $T_A: U \to [0, 1]$, $I_A: U \to [0, 1]$ and $F_A: U \to [0, 1]$. $0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$.

Los CNVU surgieron con la idea de aplicar los conjuntos neutrosóficos con fines prácticos. Algunas operaciones entre NNVU se expresan a continuación:

Dados A1 = (a1, b1, c1) y A2 = (a2, b2, c2) dos NNVU se tiene que la suma entre A1 y A2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1 + a_2 - a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2) \tag{1}$$

Dados $A1 = (a1, b1, c1)$ y $A2 = (a2, b2, c2)$ dos NNVU se tiene que la multiplicación entre A1 y A2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1 a_2, b_1 + b_2 - b_1 b_2, c_1 + c_2 - c_1 c_2) \tag{2}$$

El producto por un escalar positivo con un NNVU, A = (a, b, c) se define por:

$$A = (1 - (1 - a), b, c) \tag{3}$$

The *Single-Valued Neutrosophic Number* (SVNN) is symbolized by
$N = (t, i, f)$, such that $0 \leq t, i, f \leq 1$ and $0 \leq t + i + f \leq 3$.

Definition 3 [9]. The *single-valued triangular neutrosophic number*, $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2. a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, is a neutrosophic set on $\mathbb{R}$, whose truth, indeterminacy, and falsity membership functions are defined as follows:

Definition 4. Given $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$ and $\tilde{b} = \langle (b_1, b_2, b_3); \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{b}} \rangle$ two single-valued triangular neutrosophic numbers and λ any non-null number in the real line. Then, the following operations are defined:

Definition 5 [9]. The *single-valued triangular neutrosophic number*, $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2. a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, is a neutrosophic set on $\mathbb{R}$, whose truth, indeterminacy, and falsity membership functions are defined as follows:

Definition 6 ([10])**.** The MultiNeutrosophic Set (or Subset MultiNeutrosophic Set SMNS).

Let $\mathcal{U}$ be a universe of discourse and M a subset of it. Then, a MultiNeutrosophic Set is: $M = \{x, x(T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)\}, x \in U$,

where p, r, s are integers $\geq 0, p + r + s = n \geq 2$ and at least one of $p, r, s \ is \geq 2$, in order to ensure the existence of multiplicity of at least one neutrosophic component: truth/membership, indeterminacy, or falsehood/nonmembership; all subsets $T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s \subseteq [0,1]$;

$0 \leq \sum_{j=1}^{p} inf\ T_j + \sum_{k=1}^{r} inf\ I_k + \sum_{l=1}^{s} inf\ F_l \leq \sum_{j=1}^{p} sup\ T_j + \sum_{k=1}^{r} sup\ I_k + \sum_{l=1}^{s} sup\ F_l \leq n.$

No other restrictions apply on these neutrosophic multicomponents.

$T_1, T_2, \dots, T_p$ are multiplicities of the truth, each one provided by a different source of information (expert).

Similarly, $I_1, I_2, \dots, I_r$ are multiplicities of the indeterminacy, each one provided by a different source.

And $F_1, F_2, \dots, F_s$ are multiplicities of the falsehood, each one provided by a different source.

The Degree of MultiTruth (MultiMembership), also called *MultiDegree of Truth*, of the element x with respect to the set M are $T_1, T_2, \dots, T_p$.

the Degree of MultiIndeterminacy (MultiNeutrality), also called *MultiDegree of Indeterminacy*, of the element x with respect to the set M are $I_1, I_2, \dots, I_r$.

and the Degree of MultiFalsehood (MultiNonmembership), also called *MultiDegree of Falsehood*, of element x with respect to the set M are $F_1, F_2, \dots, F_s$.

All these $p + r + s = n \geq 2$ are assigned by n sources (experts) that may be:

- either totally independent;
- or partially independent and partially dependent;
- or totally dependent; according or as needed to each specific application.

A generic element x with regard to the MultiNeutrosophic Set A has the form:

$$\underset{\text{multi-truth}}{x(T_1, T_2, \dots, T_p;} \quad \underset{\text{multi-indeterminacy}}{I_1, I_2, \dots, I_r;} \quad \underset{\text{multi-falsehood}}{F_1, F_2, \dots, F_s)}$$

In many particular cases $p = r = s$, and a source (expert) assigns all three degrees of truth, indeterminacy, and falsehood T_j, I_j, F_j for the same element.

Definition 7. Ranking of n-valued MultiNeutrosophic types of the same (p, r, s)-form.

$(T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)$, where p, r, s are integers ≥ 0, and $p + r + s = n \geq 2$, and at least one of $p, r, s \geq 2$ to be sure that it has multiplicity for at least one neutrosophic component (either truth, or indeterminacy, or falsehood).

It proposes an easier n-ranking, but this is rather an approximation. Let's compute the following.

Average positivity (4).

$$\frac{\sum_{j=1}^{p} T_j + \sum_{k=1}^{r}(1 - I_k) + \sum_{e=1}^{s}(1 - F_e)}{p + r + s} \tag{4}$$

Average (Truth-Falsehood) (5)

$$\frac{\sum_{j=1}^{p} T_j + \sum_{e=1}^{s}(1 - F_e)}{p + s} \tag{5}$$

Average Truth (6).

$$\frac{\sum_{j=1}^{p} T_j}{p} \tag{6}$$

Definition 8. Ranking n-valued MultiNeutrosophic tuples of different (p, r, s)–forms.

Let's consider two n-valued multi neutrosophic tuples of the forms (p_1, r_1, s_1) and respectively (p_2, r_2, s_2), where $p_1, r_1, s_1, p_2, r_2, s_2$ are integers ≥ 0, and $p_1 + r_1 + s_1 = n_1 \geq 2$, and at least one of $p_1, r_1, s_1 is \geq 2$, to be sure that we have multiplicity for at least one neutrusophic component (either truth, or indeterminacy, or falsehood); similarly $p_2 + r_2 + s_2 = n_2 \geq 2$, and at least one of $p_2, r_2, s_2\ is \geq 2$.

Let's take the following Single-Valued Multi Neutrosophic Tulpes (SVMNT):

$SVMNT = (T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)$ of $(p_1, r_1, s_1) - form$, and

$SVMNT' = (T'_1, T'_2, \dots, T'_p; I'_1, I'_2, \dots, I'_r; F'_1, F'_2, \dots, F'_s)$ of $(p_1, r_1, s_1) - form$.

It makes the classical averages of truth (T_a), indeterminancies (I_a) and falsehood (F_a), respectively for $SVMNT = (T_a, I_a, F_a)$ and the averages of truths (T_a), indeterminancies (I_a) and falsehood (F_a) respectively for: $SVMNT = (T'_a, I'_a, F'_a)$. And then it applies the Score (S), Accuracy (A), and Certainty (C) Functions, as for the single valued neutrosophic set:

Compute the Score Function (average of positiveness) (7).

$$S(T_a, I_a, F_a) = \frac{T_a + (1 - I_a) + (1 - F_a)}{3}$$
$$S(T'_a, I'_a, F'_a) = \frac{T'_a + (1 - I'_a) + (1 - F'_a)}{3} \tag{7}$$

i. If $S(T_a, I_a, F_a) \geq S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
ii. If $S(T_a, I_a, F_a) \leq S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
iii. And if $S(T_a, I_a, F_a) = S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$, then go to the second step.

Compute the Accuracy Function (difference between the truth and falsehood) (8).

$$A(T_a, I_a, F_a) = T_a - F_a$$
$$A(T'_a, I'_a, F'_a) = T'_a - F'_a \tag{8}$$

i. If $A(T_a, I_a, F_a) \geq A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
ii. If $A(T_a, I_a, F_a) \leq A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,

iii. And if $A(T_a, I_a, F_a) = A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$, then go to the third step.

3. Compute the Certainty Function (truth) (9).

$$C(T_a, I_a, F_a) = T_a$$
$$C(T'_a, I'_a, F'_a) = T'_a \quad (9)$$

i. If $C(T_a, I_a, F_a) \geq C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,

ii. If $C(T_a, I_a, F_a) \leq C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,

iii. And if $C(T_a, I_a, F_a) = C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$ are multi-neutrosophically equal, i.e $T_a = T'_a, I_a = I'_a, F_a = F'_a$, or their corresponding truth, indeterminancy, and falsehood averages are equal.

Definition 9. In cases some sources have a greater weight in evaluation than others, one uses the weighted averages, indexed as T_{wa}, I_{ua}, F_{va} and $T'_{wa}, I'_{ua}, F'_{va}$, respectively. Because the sources may be independent or partially independent, the sum of weights should not necessarily be equal to 1. As such:

i. $w_1, w_2, \ldots, w_p \in [0,1]$, while the sum $w_1 + w_2 + \cdots + w_p$ may be $< 1, or\ = 1, or\ > 1$.

ii. $u_1, u_2, \ldots, u_p \in [0,1]$, while the sum $u_1 + u_2 + \cdots + u_p$ may be $< 1, or\ = 1, or\ > 1$.

iii. $v_1, v_2, \ldots, v_p \in [0,1]$, while the sum $v_1 + v_2 + \cdots + v_p$ may be $< 1, or\ = 1, or\ > 1$.

And, similarly, one applies the Score, Accuracy, and Certainty Functions on these weighted averages to rank them.

2.2. Método COPRAS Multineutrosófico de Valor Único (SVMNS COPRAS).

El método COPRAS (Método de Clasificación y Ordenamiento por Reglas de Asociación de Sistemas) es una herramienta matemática de toma de decisiones multicriterio, empleada para clasificar y priorizar alternativas al considerar múltiples factores [11]. En este estudio se aplicó su versión multineutrosófica (SVMNS COPRAS) para manejar información imprecisa e incierta, propia de entornos médicos y de salud pública, así como la inclusión de múltiples evaluaciones por los recursos propuestos [12,18]. Esta metodología permitió identificar y priorizar estrategias eficaces para prevenir la transmisión vertical del virus de la hepatitis B en mujeres embarazadas, al evaluar criterios médicos, sociales y de salud pública. Asimismo, facilitó la selección de medidas óptimas en las etapas prenatal y postnatal, al contribuir a la reducción del riesgo de transmisión del VHB. Para la modelación del método SVMNS COPRAS involucra la siguiente metodología matemática:

I. Definir los recursos, criterios y alternativas: Se seleccionan los expertos en la evaluación, así como se identifican los criterios relevantes y las estrategias que se desean evaluar y comparar. Por tanto, se deben determinar tres conjuntos neutrosóficos (conjunto de estrategias E_i, conjunto de criterios C_j y conjunto de recursos R_k).

II. Asignación de pesos de cada recurso: Se determinan los pesos relativos de cada especialista en función del conocimiento y experiencia del tema abordado. Para determinar el peso de importancia en la toma de decisiones se utiliza la modelación del método AHP de Saaty neutrosófico (según la metodología consultada [13] [14]). Se debe especificar que para el desarrollo de este estudio cada recurso debe evaluar todos los criterios y las estrategias, por tanto, la modelación del método COPRAS se realiza en conjuntos multineutrosóficos de valor único (SVMNS COPRAS) para el desarrollo del presente estudio.

III. Asignación de pesos a los criterios: Se determinan por los recursos los pesos relativos (w_h) de cada criterio para reflejar el peso de importancia en la toma de decisiones denominado por C_{jk}.

IV. Evaluación de las alternativas: Se evalúan por cada recurso las estrategias en función de cada criterio y se les asigna una puntuación (denominado por l_{ijk}).

V. Normalización de las puntuaciones: Para ello, se aplica la función score definida en la ecuación (7) para asegurar que todas las estrategias sean comparables.

VI. Cálculo de la matriz de reglas de asociación: Se utiliza la matriz de reglas de asociación para combinar las puntuaciones y los pesos de los criterios para calcular una puntuación final para cada estrategia.

VII. Ordenamiento de las alternativas: Se ordenan las estrategias en función de su puntuación final para determinar la mejor opción.

El método SVMNS COPRAS selecciona las mejores estrategias de decisión, al considerar las soluciones ideales y las peores-ideales [15], en una clasificación y evaluación paso a paso de las alternativas en términos de su importancia, indeterminación, dependencia y grado de utilidad [7]. El algoritmo del método SVMNS COPRAS consta de los siguientes pasos:

Paso 1: Cálculo de la matriz de decisión normalizada l^*_{ij}, mediante la Ecuación (10).

$$l_{ijk}^{*} = \frac{l_{ijk}}{\sum_{i=1}^{m} l_{ijk}} \tag{10}$$

Paso 2: Determinar la matriz de decisión normalizada multineutrosófica ponderada D_{hijk}, según la Ecuación (11).

$$D_{hijk} = l_{ijk}^{*} \cdot w_h = \begin{bmatrix} w_1\, l_{11k} & w_2\, l_{12k} & \cdots & w_h\, l_{1nk} \\ w_1\, l_{21k} & w_2 l_{22k} & \cdots & w_h\, l_{2nk} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1\, l_{m1k} & w_2 l_{m2k} & \cdots & w_h\, l_{mnk} \end{bmatrix} \tag{11}$$

Donde D_{hijk} es el valor del rendimiento multineutrosófico normalizado de r_k recursos, de i_{th} estrategias en j_{th} criterios y w_{hj} es el peso asociado a los criterios j_{th}.

Paso 3: Las sumas G_{i+} y G_{i-} de los valores normalizados ponderados, son calculadas tanto para los criterios beneficiosos (B) como para los no beneficiosos (NB) respectivamente. Estas sumas G_{i+} y G_{i-} son calculados mediante las Ecuaciones (12) y (13) respectivamente.

$$G_{i_{i+}} = \sum_{k=1}^{k} D_{hijk} \tag{12}$$

$$G_{i_{i-}} = \sum_{k=1}^{k} D_{hijk} \tag{13}$$

Paso 4: Determinar la importancia relativa de las estrategias Q_i mediante la Ecuación (14).

$$Q_i = G_i + \frac{\sum_{j=1}^{m} G_{i-}}{S_{i-} \sum_{j=1}^{m} \frac{1}{G_{i-}}} \tag{14}$$

La importancia relativa Q_i de una estrategia muestra el grado de satisfacción alcanzada por esta alternativa.

Paso 5: Cálculo del índice de rendimiento P_i de cada alternativa, al usar la Ecuación (15).

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} \cdot 100 \tag{15}$$

Donde Q_{max} es el valor máximo de importancia relativa, por consiguiente, el valor del índice de rendimiento P_i se utiliza para obtener una clasificación completa de las estrategias determinadas por un conjunto de expertos. Por tanto, el método SVMNS COPRAS permite combinar la evaluación por múltiples recursos a diferentes criterios, y estrategias en situaciones de toma de decisiones multicriterio complejas e indeterminadas.

3. Manifestaciones de virus de la hepatitis B en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas

3.1 Aspectos moleculares, dinámicas epidemiológicas y características clínicas de la hepatitis B.

El virus de la hepatitis B (VHB) es un hepadnavirus con un genoma de ADN circular parcialmente bicatenario de aproximadamente 3,2 kb. Posee cuatro promotores, dos regiones potenciadoras y cuatro marcos de lectura abiertos que codifican distintas proteínas virales, como el antígeno de superficie (HBsAg), la polimerasa viral, la proteína transactiva X (HBx) y la proteína core (HBcAg), además del antígeno e (HBeAg).

Clasificación y distribución: El VHB se clasifica en ocho genotipos (A-H) con divergencias genéticas superiores al 8%. Su determinación se realiza mediante secuenciación del genoma completo o técnicas como RFLP. Los genotipos presentan una distribución geográfica específica: el genotipo A es común en Europa, Norteamérica, África e India, mientras que los genotipos F y H son los más divergentes y están relacionados con hepadnavirus que infectan primates del Nuevo Mundo.

Patogenia e inmunología: El VHB no es citopático directo; el daño hepático se atribuye principalmente a la respuesta inmunitaria celular, que elimina células infectadas. Mientras que, los factores como el TNF-α e interferones contribuyen a inhibir la replicación viral. De hecho, la infección puede evolucionar hacia:

- Hepatitis aguda con recuperación.
- Hepatitis crónica no progresiva.
- Hepatitis crónica progresiva que puede derivar en cirrosis o carcinoma hepatocelular.
- Insuficiencia hepática aguda.
- Estado de portador asintomático.

El riesgo de cronicidad depende de la edad al momento de la infección, al ser mayor en neonatos. La persistencia del virus se debe a su capacidad de integrarse en el ADN del huésped, al dificultar su erradicación completa.

Diagnóstico: El diagnóstico serológico incluye:

- HBsAg: Detectable antes de los síntomas y disminuye en 12 semanas si hay resolución.
- Anti-HBs: Surge tras la fase aguda y confiere inmunidad duradera.
- HBeAg, ADN-VHB y polimerasa del ADN: Indican replicación viral activa.

Impacto en el embarazo: Las mujeres embarazadas con hepatitis B presentan síntomas leves o ser asintomáticas. En algunos casos, se observan ictericia, elevación de enzimas hepáticas, dolor abdominal y náuseas. Existe riesgo de transmisión vertical al neonato, especialmente en presencia de una alta carga viral y marcadores serológicos como el HBeAg.

Tratamiento y prevención: El tratamiento antiviral en embarazadas se orienta a reducir la carga viral y prevenir la transmisión madre-hijo. Los fármacos recomendados incluyen:

- Tenofovir disoproxil fumarato (TDF): De primera elección, con eficacia probada en reducir la transmisión vertical.
- Telbivudina: Útil en ciertos casos, aunque presenta mayor riesgo de resistencia viral.
- Lamivudina: Menos recomendada debido a la aparición de resistencias.

Las medidas preventivas incluyen vacunación, control en la donación de sangre y órganos, prácticas sexuales seguras, esterilización en procedimientos invasivos y detección temprana mediante cribado del HBsAg. En casos de alto riesgo, se recomienda profilaxis con inmunoglobulina antihepatitis B (HBIG) combinada con la vacuna en neonatos. Por tanto, el manejo del VHB durante el embarazo requiere un trabajo multidisciplinario, al considerar factores individuales para optimizar la salud materno-fetal y minimizar el riesgo de transmisión.

3.2 Caso clínico: Primigesta con cirrosis hepática y hepatitis B crónica en embarazo

Se presenta el caso de una primigesta de 26 años que acudió a consulta externa a las nueve semanas de gestación debido a un alto riesgo obstétrico asociado a una cirrosis hepática secundaria a hepatitis B crónica de 12 años de evolución. La paciente presentaba hipertensión portal secundaria a la cirrosis, varices esofágicas, esplenomegalia significativa, plaquetopenia, leucopenia, además de la presencia de anticuerpos circulantes anti-músculos lisos y antinucleares.

En cuanto a los antecedentes médicos, la paciente recibía tratamiento con prednisona 5 mg cada 12 horas y azatioprina 50 mg al día para el manejo de su hepatitis B. Tras el diagnóstico de embarazo, se suspendió el tratamiento con azatioprina y se redujo la dosis de prednisona a 5 mg cada 24 horas.

Durante el primer trimestre, los análisis mostraron plaquetopenia (40.000 x 10^9/L), elevación de las transaminasas (ALT 90 U/L, AST 97 U/L), serología positiva para hepatitis B, y un tiempo de Quick descendido (51%). Se realizó una determinación de beta-HCG y alfa-fetoproteína, cuyos resultados fueron normales. La prueba de O'Sullivan resultó patológica (197 mg/dl), lo que llevó a la realización de una curva de tolerancia a la glucosa, al confirmar un diagnóstico de diabetes gestacional a las 24 semanas de gestación. Dado que el control dietético no fue suficiente, se inició tratamiento con insulina NPH 19 UI diarias.

En la semana 25 de gestación, la paciente presentó metrorragia, al ser ingresada para observación. La exploración clínica y ecográfica fue normal. Sin embargo, se observó una caída de 2 g/dl en los niveles de hemoglobina (de 11.3 g/dl a 9.6 g/dl) y una disminución de cinco puntos en el hematocrito (de 34.4% a 29.9%). Se realizó una endoscopia digestiva para descartar sangrado por varices esofágicas, la cual no mostró signos de sangrado reciente. Además, los exámenes de sangre en heces fueron negativos. Ante estos resultados, se inició tratamiento con propanolol para la profilaxis del sangrado de las varices esofágicas y la paciente fue dada de alta en la semana 27, con tratamiento con hierro, propanolol 50 mg al día y prednisona 5 mg al día.

En la semana 29, la paciente reingresó debido a un nuevo sangrado genital acompañado de contracciones uterinas. En la exploración, no se evidenciaron cambios en el cuello uterino, y tras una ecografía se descartó patología placentaria. Se inició tratamiento tocolítico con nifedipina, lo que inhibió exitosamente la dinámica uterina. Además, se diagnosticó una infección urinaria que fue tratada con cefoxitina 500 mg cada 8 horas. Durante el control cardiotocográfico realizado a las 30 semanas, se observaron deceleraciones variables, por lo que se realizó una prueba de POSE, la cual resultó positiva, y se decidió realizar cesárea debido a sospecha de sufrimiento fetal.

Antes de la cesárea, se transfundieron plaquetas debido a una importante plaquetopenia (30.000 x 10^9/L), aunque la transfusión fue suspendida por la aparición de una reacción ampollosa en la paciente, que cedió al suspender la transfusión y administrar corticoides endovenosos. La cesárea resultó en el nacimiento de un feto masculino de 1,220 gramos, con tres vueltas de cordón umbilical, un APGAR de 1, 1 y 3, y pH arterial de 7.20 y venoso de 7.26.

En el postoperatorio, la paciente presentó una infección urinaria y anemia severa (8.2 g/dl de hemoglobina y 23.9% de hematocrito), al ser tratada con amoxicilina-clavulánico 1 g cada 8 horas y hierro. La lactancia fue inhibida con parlodel, y la paciente fue dada de alta 13 días después de la cesárea. El neonato requirió reanimación intensa, con administración de atropina, adrenalina, bicarbonato e intubación, al ser ingresado en la unidad de cuidados intensivos neonatales (UCI). En la radiografía de tórax, se observó un pulmón blanco bilateral, sugestivo

de membrana hialina, tratado con surfactante, lo que permitió una buena respuesta clínica. A las 24 horas, el neonato presentó crisis convulsivas que cedieron con fenobarbital. Se le realizó una ecografía cerebral que mostró una hemorragia intraventricular de grado II, la cual evolucionó a grado IV. Además, presentó enteritis necrotizante y persistencia del ductus arterioso, al requerir intervención quirúrgica. A pesar del tratamiento para anemia e ictericia, su estado general se deterioró y el neonato falleció 14 días después de su ingreso.

Este caso muestra los desafíos clínicos que enfrentan las mujeres embarazadas con enfermedades hepáticas crónicas, como la hepatitis B, especialmente cuando se presentan complicaciones como cirrosis, hipertensión portal, varices esofágicas, diabetes gestacional y la necesidad de un manejo delicado para evitar la transmisión vertical del virus al neonato. Las complicaciones en el embarazo, tales como metrorragia, infecciones urinarias, y la presencia de un neonato prematuro con múltiples complicaciones neonatales, requieren un trabajo multidisciplinario para optimizar el manejo y los resultados de la madre y el hijo.

3.3. Modelación del método SVMNS COPRAS.
3.3.1. Etapas, selección y designación de los recursos.

La prevención eficaz de la transmisión vertical del virus de la hepatitis B (VHB) en mujeres gestantes requiere la implementación de medidas específicas respaldadas en estrategias durante los periodos clave: etapa prenatal y etapa postnatal. Cada una de estas fases corresponde a momentos críticos en los que es posible intervenir para minimizar el riesgo de transmisión materno-infantil.

Etapa prenatal: La fase prenatal abarca el periodo desde la concepción hasta el inicio del trabajo de parto. Durante esta etapa se priorizan intervenciones preventivas destinadas a la identificación temprana del VHB en la gestante, así como el manejo clínico oportuno para reducir la probabilidad de transmisión vertical.

Etapa postnatal: La etapa postnatal abarca el periodo tras el nacimiento del neonato, al constituir las primeras horas de vida un momento crítico para la implementación de medidas preventivas eficaces. En esta fase se debe garantizar la administración combinada de la inmunoglobulina específica contra la hepatitis B (HBIG) y la primera dosis de la vacuna contra el VHB dentro de las primeras 12 horas de vida, acción que puede reducir el riesgo de infección hasta en un 90%.

Para garantizar una evaluación multidimensional de las estrategias de prevención de la transmisión vertical del virus de la hepatitis B, se seleccionaron nueve recursos o especialistas con experiencia en áreas clave relacionadas con la prevención, el diagnóstico y el manejo de esta infección en mujeres embarazadas. Los perfiles profesionales se definieron al considerar su especialización, experiencia clínica y conocimientos en políticas de salud pública. Para ello, se propone el siguiente conjunto de recursos definido R_k: $\{R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9\}$, donde cada recurso corresponde a los siguientes especialistas R_k:*{médico infectólogo, obstetra, epidemiólogo, profesional de enfermería materno-infantil, psicólogo clínico, microbiólogo clínico, trabajador social en salud pública, médico pediatra especializado en neonatología, especialista en salud pública}.*

Para determinar y medir el nivel de conocimiento y experiencia de cada recurso se procedió a modelar el método AHP de Saaty neutrosófico que permite comparar elementos mediante juicios expertos en una matriz de comparación pareada. En este caso, se construyó una matriz de 9x9 (especialistas), para modelar el peso de importancia de cada uno en función de su experiencia, participación en proyectos y conocimientos clínico-comunitarios, así como la consistencia del método aplicado (ver tabla 1 y 2).

Tabla 1: Matriz pareada AHP neutrosófico. Fuente: Elaboración propia.

R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
1	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩
⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	1	⟨(3,4,5);0.6 0,0.35,0.40⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(1,2,3);0.4 0,0.65,0.60⟩	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩
⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩	⟨(3,4,5);0.6 0,0.35,0.40⟩	1	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩
⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	1	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩	⟨(1,2,3);0.4 0,0.65,0.60⟩	⟨(6,7,8);0.9 0,0.10,0.10⟩	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩
⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	1	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩
⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	1	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩
⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(1,2,3);0.4 0,0.65,0.60⟩	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩	⟨(1,2,3);0.4 0,0.65,0.60⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	1	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩
⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(6,7,8);0.9 0,0.10,0.10⟩	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	1	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩

R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(2,3,4);0.3 0,0.75,0.70⟩	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩	⟨(1,1,1);0.5 0,0.50,0.50⟩	1

Tabla 2: Análisis de la consistencia según AHP Neutrosófico. Fuente: Elaboración propia.

Especialistas	|	Peso	Valores propios	
R1	1.54	0.15	10.34016354	IC=0.15 y RC=0.10 Por tanto, es consistente la modelación
R2	1.09	0.11	10.19449882	
R3	1.52	0.14	10.56852034	
R4	0.42	0.04	10.06096959	
R5	1.68	0.16	10.32726968	
R6	0.56	0.06	9.841966213	
R7	0.61	0.06	10.09673042	
R8	2.07	0.21	10.01136088	
R9	0.74	0.07	10.11280343	

Análisis de resultados:

- El especialista 8 obtuvo el mayor peso de importancia (0.21), al destacar por su experiencia amplia y participación activa en programas de prevención.
- El especialista 5 se posicionó en segundo lugar (0.16), al evidenciar un rol clave en la implementación de estrategias clínicas y comunitarias.
- El especialista 1 obtuvo un peso significativo (0.15) debido a su balance en experiencia y conocimiento teórico-práctico.
- El especialista 4 con menor peso (0.04), aporta en aspectos complementarios en la prevención de la hepatitis B.

3.3.2. Definición de los criterios.

Se han seleccionado cinco criterios clave para evaluar las siete estrategias propuestas en la prevención de la hepatitis B en mujeres embarazadas en las etapas prenatal y postnatal (ver tabla 3). Cada criterio ha sido ponderado en función de su impacto en el entorno clínico, social y preventivo por cada recurso en función de prevenir esta afección, de modo que se obtenga su peso de importancia (w_h) resultante (ver tabla 4).

Tabla 3: Selección de criterios. Fuente: Elaboración propia.

No.	Criterio	Descripción
C1	Cobertura poblacional	Alcance de la estrategia en mujeres embarazadas, especialmente en zonas rurales.
C2	Viabilidad de implementación	Facilidad de aplicación en distintos entornos de atención médica.
C3	Eficacia preventiva	Capacidad de la estrategia para prevenir la transmisión vertical del VHB.
C4	Costo	Relación entre el costo de la estrategia y su impacto en la prevención del VHB.
C5	Impacto educativo y social	Capacidad de la estrategia para generar conocimiento y sensibilización social.

Tabla 4: Evaluación multineutrosófica de cada criterio según la ecuación (7). Fuente: Elaboración propia.

$(\{T_1,T_2,T_3\},\{I_1,I_2\},\{F_1,F_2,F_3,F_4\})$	(T_a,I_a,F_a)	w_h	Score (S)
C1({0.7,0.8,0.6},{0.8,0.1},{0.9,0.3,0.9,0.9})	(0.7,0.45,0.75)	0.18	0.50
C2({0.7,0.3,0.5},{0.5,0.1},{0.4,0.1,0.2,0.5})	(0.5,0.45,0.3)	0.22	0.58
C3({0.9,0.3,0.9},{0.1,0.1},{0.1,0.1,0.7,0.4})	(0.7,0.3,0.33)	0.25	0.69
C4({0.4,0.8,0.7},{0.9,0.1},{0.7,0.4,0.9,0.1})	(0.63,0.55,0.53)	0.19	0.52
C5({0.3,0.3,0.2},{0.6,0.1},{0.1,0.3,0.4,0.3})	(0.27,0.6,0.28)	0.16	0.46

Análisis de los resultados: Se obtuvo que los criterios de mayor peso son *eficacia preventiva* (0.25) y la *viabilidad de implementación* (0.22) en la evaluación de las estrategias a presentar. Por otro lado, como no existen criterios de igual peso no es necesario aplicar las funciones de accuracy y certainty descritas en la *definición 8 del epígrafe 2.1*. Se debe aclarar, además, que los criterios *C1, C2, C3 y C5* son clasificados como beneficiosos (B).

Mientras que *C4*, se clasifica como no beneficiosos (NB) según se define en el paso 3 del método SVMNS COPRAS.

3.3.3. Selección y evaluación de las estrategias: Prevención de la hepatitis B en mujeres embarazadas.

Una vez definido los pesos de importancia de cada criterio se procede a determinar las con sus respectivas medidas preventivas. Por tanto, para mejorar la prevención de la hepatitis B y sus consecuencias en mujeres embarazadas, es fundamental implementar estrategias de intervención y educación que promuevan la conciencia, la detección temprana y las medidas preventivas (ver tabla 5).

Tabla 5: Estrategias para la prevención de la hepatitis B en mujeres embarazadas. Fuente: Elaboración propia.

No.	Estrategia	Objetivo	Acción	Descripción	Resultado
E1	Prevención de la transmisión de hepatitis B a través de procedimientos médicos y no médicos.	Evitar la transmisión de la hepatitis B por procedimientos no seguros.	Establecer directrices y promover la esterilización de equipos médicos, y garantizar la seguridad de procedimientos como tatuajes y perforaciones.	Sensibilizar a la población (sobre todo en mujeres embarazadas) sobre los riesgos de procedimientos inseguros y promover el uso de métodos estériles.	Certificación de procedimientos seguros de tatuaje y perforación.
E2	Incorporación de la prueba de HBsAg	Asegurar la detección temprana del HBsAg en todas las mujeres embarazadas para identificar a las portadoras del virus y proporcionarles tratamiento preventivo.	Integrar la prueba de HBsAg en los análisis rutinarios de la atención prenatal, al realizar un seguimiento cercano de los casos positivos.	Acompañar la toma de la prueba con una explicación clara sobre la importancia de la misma y los beneficios para la salud del bebé.	Prevención de la transmisión del virus de madre a hijo. Detección de hemoderivados.
E3	Intervenciones postnatales	Asegurar que los recién nacidos de madres infectadas con hepatitis B reciban la inmunoglobulina (HBIG) y la vacunación en el primer período postnatal.	Establecer protocolos para la administración de HBIG y las vacunas a los recién nacidos en las primeras horas de vida.	Proveer seguimiento para garantizar que el bebé reciba todas las dosis de la vacuna contra la hepatitis B y realizar un monitoreo a largo plazo del estado de salud del neonato.	Prevención de la transmisión del virus de madre a hijo, vacunación.
E4	Programas de educación prenatal	Proveer información clara y accesible sobre la hepatitis B, sus riesgos para la madre y el bebé, y las medidas preventivas disponibles.	Desarrollar materiales educativos, como folletos, videos y charlas, al explicar la importancia de la vacunación, pruebas de HBsAg y tratamiento.	Incluir estas sesiones como parte del programa de atención prenatal, al asegurar que todas las mujeres embarazadas reciban educación continua durante el embarazo.	Vacunación, práctica de sexo seguro. Prevención de la transmisión del virus de madre a hijo.
E5	Fortalecimiento de la comunicación y sensibilización comunitaria	Reducir el estigma asociado a la hepatitis B y promover una educación de prevención a las comunidades.	Realizar campañas de sensibilización en comunidades, al utilizar testimonios de personas que hayan superado la enfermedad y expertos en salud pública.	Utilizar medios de comunicación locales, redes sociales y grupos de apoyo para difundir la necesidad de la vacunación y las medidas preventivas.	Practica de sexo seguro. Certificación de procedimientos seguros de tatuaje y perforación.
E6	Capacitación de profesionales de la salud	Mejorar la capacidad de los profesionales de la salud para diagnosticar y manejar casos de hepatitis B en mujeres embarazadas.	Organizar talleres de formación continua para médicos, obstetras, enfermeras y personal de salud comunitaria sobre la prevención de la transmisión vertical.	Promover el conocimiento de las pautas de profilaxis, como la administración de inmunoglobulina (HBIG) y la vacunación del neonato.	Uso adecuado de control de infecciones. Detección de hemoderivados.
E7	Accesibilidad y equidad en la atención	Garantizar que todas las mujeres embarazadas	Ofrecer servicios gratuitos o subsidiados de	Crear alianzas con organizaciones no guberna-	Vacunación y prevención de la transmisión

No.	Estrategia	Objetivo	Acción	Descripción	Resultado
		tengan acceso a la prevención de la hepatitis B, independientemente de su nivel socioeconómico.	pruebas de HBsAg, vacunación y tratamiento preventivo para las mujeres embarazadas en áreas rurales o marginadas.	mentales y servicios públicos de salud para ampliar la cobertura de estas intervenciones.	del virus de madre a hijo.
E8	Apoyo psicosocial y consejería	Brindar apoyo emocional y psicológico a las mujeres embarazadas diagnosticadas con hepatitis B.	Establecer servicios de consejería para ayudar a las mujeres a manejar el diagnóstico, entender el tratamiento y reducir el miedo o el estigma.	Promover grupos de apoyo tanto en línea como presenciales para compartir experiencias y proporcionar apoyo social.	Practica de sexo seguro y prevención de la transmisión del virus de madre a hijo.

A continuación, se procede a desarrollar la modelación con el método SVMNS COPRAS para la evaluación de las estrategias de intervención de acuerdo con múltiples criterios ponderados por diferentes recursos. Este análisis incluye aspectos múltiples de verdad, indeterminación y falsedad de las respuestas obtenidas que permite determinar qué estrategias son las más efectivas para cada etapa de la intervención (prenatal y postnatal). De igual forma, el proceso de clasificación refleja cómo cada estrategia puntúa según estos criterios y cómo se posiciona en comparación con las demás en función de su rendimiento global (ver tabla 6 a la 8).

Tabla 6: Matriz de decisión SVMNS COPRAS para cada etapa. Fuente: Elaboración propia.

Etapa prenatal $(\{T_1,T_2,T_3\},\{I_1,I_2,I_3\},\{F_1,F_2,F_3\})$	**Etapa postnatal** $(\{T_1,T_2,T_3\},\{I_1,I_2,I_3\},\{F_1,F_2,F_3\})$
C1	
Peso: (0.67,0.35,0.68)	
E1({0.8,0.5,0.1},{0.9,0.7,0.8},{0.4,0.7,0.8})	E1({0.5,0.7,0.2},{0.7,0.2,0.3},{0.2,0.6,0.2})
E2({0.2,0.3,0.5},{0.3,0.2,0.7},{0.4,0.9,0.4})	E2({0.3,0.4,0.7},{0.2,0.2,0.3},{0.3,0.2,0.6})
E3({0.8,0.6,0.4},{0.6,0.2,0.4},{0.2,0.5,0.3})	E3({0.6,0.6,0.4},{0.3,0.2,0.1},{0.9,0.6,0.8})
E4({0.2,0.4,0.4},{0.5,0.2,0.2},{0.5,0.5,0.6})	E4({0.5,0.2,0.8},{0.5,0.2,0.4},{0.1,0.2,0.3})
E5({0.3,0.1,0.9},{0.6,0.2,0.3},{0.8,0.1,0.6})	E5({0.6,0.6,0.1},{0.6,0.2,0.9},{0.1,0.4,0.9})
E6({0.6,0.7,0.1},{0.3,0.2,0.5},{0.8,0.4,0.6})	E6({0.4,0.6,0.8},{0.7,0.2,0.7},{0.6,0.1,0.3})
E7({0.4,0.2,0.3},{0.7,0.2,0.8},{0.4,0.4,0.3})	E7({0.5,0.9,0.3},{0.9,0.2,0.1},{0.1,0.3,0.3})
E8({0.1,0.5,0.1},{0.1,0.2,0.4},{0.7,0.9,0.9})	E8({0.1,0.1,0.6},{0.2,0.2,0.1},{0.3,0.6,0.3})
C2	
Peso: (0.23,0.35,0.38)	
E1({0.4,0.9,0.8},{0.6,0.7,0.1},{0.2,0.9,0.2})	E1({0.7,0.2,0.1},{0.1,0.2,0.5},{0.8,0.8,0.8})
E2({0.7,0.6,0.4},{0.9,0.7,0.1},{0.6,0.1,0.3})	E2({0.3,0.4,0.7},{0.2,0.2,0.3},{0.3,0.2,0.6})
E3({0.2,0.1,0.7},{0.6,0.7,0.8},{0.6,0.9,0.3})	E3({0.6,0.6,0.4},{0.3,0.2,0.1},{0.9,0.6,0.8})
E4({0.1,0.2,0.8},{0.2,0.7,0.3},{0.1,0.1,0.6})	E4({0.5,0.2,0.8},{0.5,0.2,0.4},{0.1,0.2,0.3})
E5({0.9,0.7,0.3},{0.5,0.7,0.8},{0.7,0.9,0.1})	E5({0.6,0.6,0.1},{0.6,0.2,0.9},{0.1,0.4,0.9})
E6({0.9,0.3,0.3},{0.5,0.7,0.8},{0.1,0.9,0.2})	E6({0.4,0.6,0.8},{0.7,0.2,0.7},{0.6,0.1,0.3})
E7({0.5,0.9,0.2},{0.3,0.7,0.7},{0.2,0.8,0.4})	E7({0.5,0.9,0.3},{0.9,0.2,0.1},{0.1,0.3,0.3})
E8({0.7,0.9,0.2},{0.4,0.7,0.6},{0.7,0.1,0.2})	E8({0.1,0.1,0.6},{0.2,0.2,0.1},{0.3,0.6,0.3})
C3	
Peso: (0.47,0.45,0.63)	
LE1({0.3,0.3,0.7},{0.1,0.7,0.2},{0.1,0.1,0.6})	LE1({0.2,0.6,0.2},{0.3,0.2,0.9},{0.6,0.6,0.8})
LE2({0.1,0.1,0.6},{0.9,0.7,0.1},{0.6,0.6,0.2})	LE2({0.6,0.2,0.2},{0.8,0.2,0.3},{0.1,0.4,0.1})
LE3({0.7,0.7,0.2},{0.8,0.7,0.1},{0.3,0.8,0.1})	LE3({0.1,0.8,0.5},{0.3,0.2,0.1},{0.7,0.3,0.5})
LE4({0.1,0.3,0.2},{0.3,0.7,0.1},{0.5,0.6,0.9})	LE4({0.6,0.6,0.9},{0.1,0.2,0.9},{0.1,0.4,0.4})
LE5({0.4,0.4,0.9},{0.1,0.7,0.5},{0.5,0.9,0.5})	LE5({0.8,0.5,0.3},{0.7,0.2,0.4},{0.9,0.1,0.7})
LE6({0.8,0.8,0.7},{0.7,0.7,0.6},{0.3,0.1,0.6})	LE6({0.2,0.7,0.9},{0.5,0.2,0.2},{0.4,0.6,0.1})
LE7({0.4,0.1,0.1},{0.1,0.7,0.8},{0.6,0.5,0.2})	LE7({0.7,0.4,0.7},{0.7,0.2,0.5},{0.2,0.2,0.4})
LE8({0.8,0.5,0.5},{0.5,0.7,0.7},{0.3,0.6,0.2})	LE8({0.6,0.6,0.8},{0.9,0.2,0.5},{0.3,0.1,0.9})
C4	
Peso: (0.8,0.45,0.35)	
LE1({0.3,0.3,0.7},{0.1,0.7,0.2},{0.1,0.1,0.6})	LE1({0.2,0.6,0.2},{0.3,0.2,0.9},{0.6,0.6,0.8})
LE2({0.1,0.1,0.6},{0.9,0.7,0.1},{0.6,0.6,0.2})	LE2({0.6,0.2,0.2},{0.8,0.2,0.3},{0.1,0.4,0.1})
LE3({0.7,0.7,0.2},{0.8,0.7,0.1},{0.3,0.8,0.1})	LE3({0.1,0.8,0.5},{0.3,0.2,0.1},{0.7,0.3,0.5})
LE4({0.1,0.3,0.2},{0.3,0.7,0.1},{0.5,0.6,0.9})	LE4({0.6,0.6,0.9},{0.1,0.2,0.9},{0.1,0.4,0.4})
LE5({0.4,0.4,0.9},{0.1,0.7,0.5},{0.5,0.9,0.5})	LE5({0.8,0.5,0.3},{0.7,0.2,0.4},{0.9,0.1,0.7})

Etapa prenatal ($\{T_1,T_2,T_3\},\{I_1,I_2,I_3\},\{F_1,F_2,F_3\}$)	Etapa postnatal ($\{T_1,T_2,T_3\},\{I_1,I_2,I_3\},\{F_1,F_2,F_3\}$)
LE6({0.8,0.8,0.7},{0.7,0.7,0.6},{0.3,0.1,0.6})	LE6({0.2,0.7,0.9},{0.5,0.2,0.2},{0.4,0.6,0.1})
LE7({0.4,0.1,0.1},{0.1,0.7,0.8},{0.6,0.5,0.2})	LE7({0.7,0.4,0.7},{0.7,0.2,0.5},{0.2,0.2,0.4})
LE8({0.8,0.5,0.5},{0.5,0.7,0.7},{0.3,0.6,0.2})	LE8({0.6,0.6,0.8},{0.9,0.2,0.5},{0.3,0.1,0.9})
C5	
Peso: (0.53,0.6,0.45)	
LE1({0.1,0.8,0.3},{0.7,0.7,0.7},{0.5,0.5,0.4})	LE1({0.8,0.1,0.5},{0.3,0.2,0.8},{0.6,0.4,0.7})
LE2({0.9,0.8,0.9},{0.9,0.7,0.1},{0.8,0.6,0.4})	LE2({0.7,0.7,0.8},{0.8,0.2,0.5},{0.4,0.8,0.3})
LE3({0.8,0.7,0.4},{0.9,0.7,0.8},{0.2,0.8,0.5})	LE3({0.4,0.3,0.2},{0.5,0.2,0.4},{0.8,0.1,0.8})
LE4({0.2,0.9,0.9},{0.3,0.7,0.6},{0.5,0.7,0.6})	LE4({0.8,0.3,0.9},{0.2,0.2,0.9},{0.3,0.3,0.2})
LE5({0.2,0.8,0.1},{0.1,0.7,0.5},{0.1,0.7,0.1})	LE5({0.9,0.3,0.8},{0.2,0.2,0.7},{0.6,0.8,0.3})
LE6({0.2,0.8,0.5},{0.9,0.7,0.2},{0.1,0.1,0.8})	LE6({0.2,0.7,0.5},{0.3,0.2,0.2},{0.2,0.8,0.8})
LE7({0.9,0.8,0.4},{0.1,0.7,0.1},{0.9,0.2,0.5})	LE7({0.5,0.3,0.5},{0.5,0.2,0.9},{0.2,0.1,0.3})
LE8({0.3,0.5,0.8},{0.1,0.7,0.3},{0.9,0.2,0.1})	LE8({0.4,0.9,0.2},{0.3,0.2,0.8},{0.1,0.3,0.1})

Tabla 7: Determinar G_{i-}, G_{i+}, Q_i y P_i para la etapa prenatal, según la Ecuación (7, 12-15). Fuente: Elaboración propia.

	G_{i+}	G_{i-}	1/ G_{i-}	Q_i	P_i	Ranking
Máxima				1.619		
E1	0.8819	0.8018	1.247193814	0.931	57.50%	8
E2	1.2771	0.1159	8.628127696	1.619	100.00%	1
E3	0.8905	0.1634	6.11995104	1.133	69.98%	7
E4	1.0507	0.1159	8.628127696	1.393	86.04%	2
E5	0.9123	0.1729	5.783689994	1.142	70.54%	6
E6	1.106	0.2204	4.537205082	1.286	79.43%	4
E7	1.0429	0.1387	7.209805335	1.329	82.09%	3
E8	0.9426	0.1729	5.783689994	1.172	72.39%	5
Total		1.902	47.938			

Tabla 8. Determinar G_{i-}, G_{i+}, Q_i y P_i para la etapa postnatal, según la Ecuación (7, 12-15). Fuente: Elaboración propia.

	G_{i+}	G_{i-}	1/ G_{i-}	Q_i	P_i	Ranking
Máxima				1.367		
E1	0.9566	0.5814	1.71998624	1.040	76.08%	8
E2	1.0291	0.1862	5.37056928	1.291	94.44%	4
E3	1.1161	0.1938	5.15995872	1.367	100.00%	1
E4	1.0087	0.19	5.263157895	1.265	92.54%	5
E5	0.9534	0.1824	5.48245614	1.220	89.25%	6
E6	1.0663	0.19	5.263157895	1.323	96.78%	3
E7	1.0767	0.1957	5.109862034	1.326	97.00%	2
E8	0.8953	0.1786	5.599104143	1.168	85.44%	7
Total		1.898	38.968			

Análisis de los resultados: Los resultados obtenidos del SVMNS COPRAS muestran que la incorporación de la prueba de HBsAg es consistentemente la estrategia más efectiva a lo largo de todas las etapas, debido a su impacto directo en la prevención de la transmisión de Hepatitis B. Sin embargo, la accesibilidad y equidad en la atención se mantiene como una estrategia clave en las etapas, especialmente en las fases donde el acceso oportuno a los servicios es crítico. [19,20]

Las estrategias relacionadas con apoyo psicosocial y consejería y comunicación comunitaria son significativas, pero se clasifican en posiciones más bajas, dado que tienen un impacto menos directo en la prevención de la transmisión. Por otro lado, la capacitación de los profesionales de la salud también juega un papel esencial, especialmente en la mejora de la calidad de la atención médica, pero está algo relegada en las etapas postnatales donde la intervención directa es más determinante.

4. Discusión

El análisis con el SVMNS COPRAS ha confirmado que la prueba de HBsAg es la estrategia más eficaz para prevenir la transmisión vertical de la hepatitis B, al identificar tempranamente la infección materna. Por otro lado,

la evaluación multineutrosófica ha identificado que la accesibilidad y equidad en la atención se mantiene como una estrategia clave, en especial en fases críticas del proceso. [21,22]

Este estudio ha contribuido al entendimiento del VHB y al conocimiento sobre la enfermedad, por tanto, se espera que futuros estudios investigativos se orienten en establecer una base de datos para desarrollar intervenciones más efectivas, al mejorar la salud pública en la región. Así como la implementación a nivel de políticas públicas para mejorar la salud materno-infantil de manera más accesible y efectiva en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

5. Conclusión

El estudio ha evidenciado que el virus de la hepatitis B aumenta el riesgo de complicaciones graves durante el embarazo, al afectar tanto a la madre como al recién nacido. El análisis con el SVMNS COPRAS ha demostrado que la prueba de HBsAg es esencial para prevenir la transmisión vertical, al permitir intervenciones tempranas como la vacunación y la administración de inmunoglobulina (HBIG). Además, de la accesibilidad y equidad en la atención que constituyen elementos clave para el éxito de estas estrategias. Por otro lado, se ha propuesto la creación de una base de datos actualizada, con el objetivo de realizar estudios posteriores que contribuyan a reducir el desconocimiento sobre la hepatitis B y la transmisión del virus, dada la gravedad de sus complicaciones para la comunidad. También se busca evidenciar el problema que enfrenta la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas en relación con esta problemática.

Referencias

[1] Y. Park, J. Heo, D. Kang, and G. Y. Gwak, "Impact of Maternal Hepatitis B Virus Infection on Congenital Heart Disease Risk in Offspring: A National Cohort Study," *Journal of Viral Hepatitis,* vol. 32, no. 4, p. e14036, 2025. [Online]. Available: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jvh.14036.

[2] X. Yuan *et al.*, "Maternal infection with hepatitis B virus before pregnancy and risk of congenital malformations in offspring: a record-linkage study of a large national sample from China," *The Lancet Regional Health–Western Pacific,* vol. 48, no. July, pp. 1-9, 2024. [Online]. Available: https://www.thelancet.com/journals/lanwpc/article/PIIS2666-6065(24)00115-9/fulltext.

[3] D. M. Higgins and S. T. O'Leary, "Prevention of Perinatal Hepatitis B Transmission," *Obstetrics and Gynecology Clinics,* vol. 50, no. 2, pp. 349-361, 2023. [Online]. Available: https://www.obgyn.theclinics.com/article/S0889-8545(23)00041-4/abstract.

[4] M. Velandia-González *et al.*, "Monitoring progress of maternal and neonatal immunization in Latin America and the Caribbean," *Vaccine,* vol. 39, pp. B55-B63, 2021/07/30/ 2021. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264410X2031611X.

[5] M. Saeed, M. Ahsan, M. H. Saeed, A. Mehmood, and T. Abdeljawad, "An application of neutrosophic hypersoft mapping to diagnose hepatitis and propose appropriate treatment," *IEEE Access,* vol. 9, no. May pp. 70455-70471, 2021. [Online]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9424612.

[6] H. J. Kabore, "Progress toward hepatitis B control and elimination of mother-to-child transmission of hepatitis B virus—World Health Organization African Region, 2016–2021," *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report,* vol. 72, no. 29, pp. 782-787, 2023. [Online]. Available: https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/72/wr/mm7229a2.htm.

[7] G. Wei, J. Wu, Y. Guo, J. Wang, and C. Wei, "AN EXTENDED COPRAS MODEL FOR MULTIPLE ATTRIBUTE GROUP DECISION MAKING BASED ON SINGLE-VALUED NEUTROSOPHIC 2-TUPLE LINGUISTIC ENVIRONMENT," *Technological and Economic Development of Economy,* vol. 27, no. 2, pp. 353-368, 2021. [Online]. Available: https://journals.vilniustech.lt/index.php/TEDE/article/view/14057.

[8] E. González Caballero, M. Leyva Vázquez, and F. Smarandache, "On neutrosophic uninorms," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 45, no. 2021, pp. 340-348, 2021. [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol45/iss1/22.

[9] S. Dhouib, "Optimization of travelling salesman problem on single valued triangular neutrosophic number using dhouib-matrix-TSP1 heuristic," *International Journal of Engineering,* vol. 34, no. 12, pp. 2642-2647, 2021. [Online]. Available: https://www.ije.ir/article_137445.html.

[10] T. A. Al-Tamimi, L. A. Al-Swidi, and A. H. Al-Obaidi, "New Concepts in Partner Multineutrosophic Topological Space," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 24, no. 3, p. 172, 2024. [Online]. Available: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A1%3A16610129/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A180913659&crl=c&link_origin=scholar.google.es.

[11] J. Lu, S. Zhang, J. Wu, and Y. Wei, "COPRAS METHOD FOR MULTIPLE ATTRIBUTE GROUP DECISION MAKING UNDER PICTURE FUZZY ENVIRONMENT AND THEIR APPLICATION TO GREEN SUPPLIER

SELECTION," *Technological and Economic Development of Economy,* vol. 27, no. 2, pp. 369-385, 2021. [Online]. Available: https://journals.vilniustech.lt/index.php/TEDE/article/view/14211.

[12] I. M. Hezam, A. R. Mishra, P. Rani, A. Saha, F. Smarandache, and D. Pamucar, "An integrated decision support framework using single-valued neutrosophic-MASWIP-COPRAS for sustainability assessment of bioenergy production technologies," *Expert Systems with Applications,* vol. 211, no. January, pp. 2-6, 2023. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417422017092.

[13] P. E. Rodríguez Palomo, S. G. Suárez Peña, P. E. Salinas Aguilar, and S. Mirzaliev, "Neutrosophic Analytical Hierarchy Process (NAHP) for Addressing Cyber violence," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 25, no. 1, p. 439, 2025. [Online]. Available: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A7%3A16610183/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A182028433&crl=c&link_origin=scholar.google.es.

[14] H. Yilmaz, S. Karadayi-Usta, and S. Yanık, "A novel neutrosophic AHP-Copeland approach for distance education: towards sustainability," *Interactive Learning Environments,* vol. 32, no. 5, pp. 2152-2174, 2024/05/27 2024. [Online]. Available: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10494820.2022.2141265.

[15] I. Gokasar, V. Simic, M. Deveci, and T. Senapati, "Alternative prioritization of freeway incident management using autonomous vehicles in mixed traffic using a type-2 neutrosophic number based decision support system," *Engineering Applications of Artificial Intelligence,* vol. 123, no. August, pp. 6-11, 2023. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0952197623003676.

[16] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[17] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[18] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[19] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[20] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[21] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[22] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 20, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Aplicación del modelo Plithogenic n-SuperHyper-Graph en el tratamiento integral de las deformidades cráneo-faciales

Application of the Plithogenic n-SuperHyperGraph model in the comprehensive management of cranio-facial deformities

Ragde Carolyne López Cisneros [1], Marco Alejandro Jumbo Andrade [2], Jonathan Manuel Cadena Alba [3], and Christian Eduardo Pozo Cevallos [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. ui.ragdelc43@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. marcoja26@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. jonathanca54@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. christianpc89@uniandes.edu.ec

.

Resumen. El tratamiento de pacientes con clase III esqueletal y labio y paladar fisurado ha representado un desafío clínico que requiere la integración de diversas especialidades médicas, odontológicas y psicosociales. Por tanto, el presente estudio analizó el manejo multidisciplinario de pacientes clase III esqueletal con labio y paladar fisurado a partir de una revisión bibliográfica y la implementación del Plithogenic n-SuperHyperGraph. Para ello, se realizó una revisión sistemática de la literatura científica y se aplicó Plithogenic n-SuperHyperGraph para evaluar la interacción entre los vértices clave del tratamiento. Los resultados evidenciaron que la interacción del SuperVertex gestión clínica-administrativa con áreas como cirugía reparadora, terapia fonoaudiológica y bienestar psicológico optimiza la adherencia terapéutica y mejora los resultados funcionales y estéticos. Se concluyó que la adopción de un equipo multidisciplinario constituye una alternativa eficaz para gestionar las complejidades del tratamiento, al promover así una atención integral y sostenida en el tiempo.

Palabras Claves: tratamiento multidisciplinario, terapia fonoaudiológica, deformidades craneofaciales, neutrosofía, Plithogenic n-SuperHyperGraph.

Abstract. The treatment of patients with skeletal class III and cleft lip and palate has posed a clinical challenge that requires the integration of various medical, dental, and psychosocial specialties. Therefore, the present study analyzed the multidisciplinary management of skeletal class III patients with cleft lip and palate through a literature review and the implementation of the Plithogenic n-SuperHyperGraph. To achieve this, a systematic review of the scientific literature was conducted, and the Plithogenic n-SuperHyperGraph model was applied to assess the interaction between key treatment vertices. The results demonstrated that the interaction of the Clinical-Administrative Management SuperVertex with areas such as reconstructive surgery, speech therapy, and psychological well-being optimizes therapeutic adherence and improves functional and aesthetic outcomes. It was concluded that adopting a multidisciplinary team constitutes an effective alternative for managing the complexities of treatment, thereby promoting comprehensive and sustained care over time.

Keywords: Multidisciplinary treatment, speech therapy, craniofacial deformities, neutrosophic, superhypersoft sets.

1 Introducción

El labio fisurado (LF) se clasifica como un trastorno del desarrollo que se caracteriza por un defecto en forma de cuña, resultado de la falta de fusión de las dos partes del labio, al impedir su integración en una estructura única [1]. De manera similar, la fisura palatina (FP) es una anomalía en el desarrollo del paladar, definida por la incompleta fusión de las crestas palatinas, al generar una comunicación anómala entre la cavidad nasal y la cavidad bucal [2].

Este tipo de anomalías congénitas, comúnmente denominadas defectos congénitos, se agrupan dentro de las fisuras labiales y palatinas, las cuales se clasifican en dos grandes categorías: sindrómicas (cuando se presentan junto con otras malformaciones) y no sindrómicas (cuando se presentan de manera aislada) [3,21]. Entre las variaciones clínicas observadas en esta alteración, el labio y paladar fisurado (LPF) es la más prevalente, representando

un 46% de los casos. Esta se encuentra seguida por el paladar hendido aislado, con un 33%, y el labio fisurado aislado, con un 21%. En cuanto a la distribución por tipo de fisura, se ha encontrado que la mayoría de las fisuras labiales bilaterales (86%) y unilaterales (68%) se asocian con fisuras palatinas. Además, se observa una predominancia masculina en los casos de LPF, mientras que el paladar hendido aislado se presenta con mayor frecuencia en mujeres [4].

Según se ha identificado que la herencia genética constituye el principal factor etiológico en el origen del labio y la fisura palatina, aunque también se han considerado varios factores ambientales como predisponentes para el desarrollo de estas alteraciones [5]. Estos factores, incluyen aspectos nutricionales, emocionales, fisiológicos y ambientales, al interactuar de manera compleja en el desarrollo fetal y postnatal (ver tabla 1).

Tabla 1: Factores ambientales en el desarrollo de niños con LPF. Fuente: [6] [7].

Factores ambientales	Descripción
Factores nutricionales	Deficiencia o excesos de vitamina A y deficiencia de riboflavina.
Estrés fisiológico, emocional o traumático	Dificultades en la alimentación, ansiedad, problemas de adaptación social y miedo a procedimientos médicos.
Isquemia relativa sobre el área	Disminución parcial del flujo sanguíneo en los tejidos afectados.
Obstrucción mecánica por lengua aumentada de tamaño	La macroglosia puede causar una obstrucción en la cavidad oral.
Sustancias como alcohol, fármacos o toxinas	La exposición a alcohol, ciertos fármacos o toxinas puede agravar las condiciones en niños con LPF, al afectar su desarrollo y tratamiento.
Infecciones	Mayor riesgo de infecciones debido a la comunicación anormal entre la cavidad oral y nasal, lo que facilita el acceso de patógenos.

Los pacientes con LPF presentan una variedad de problemas asociados, tales como dificultades en la oclusión dental, problemas estéticos, trastornos funcionales y de la articulación del habla, así como alteraciones psicológicas, las cuales se intensifican con la gravedad de la fisura [8]. A nivel facial, es frecuente observar anomalías en el perfil, derivadas de la incompatibilidad entre el maxilar superior e inferior en estos pacientes. Esta incompatibilidad se manifiesta típicamente como una clase III esqueletal, originada por un desarrollo asimétrico debido a las fisuras palatinas [9,22].

Estas fisuras pueden inducir un crecimiento desigual de los huesos maxilares superiores, al provocar un retraso o subdesarrollo de este hueso en relación con la mandíbula [10]. En algunos casos, también se observa un desarrollo compensatorio del hueso mandibular. Además, estas alteraciones en el crecimiento óseo son consecuencia de la interferencia de la fisura palatina con la formación normal de los huesos craneofaciales, al afectar la función muscular, al alterar los músculos faciales y masticatorios.

Por tanto, la corrección de estas discrepancias requiere del trabajo terapéutico multidisciplinario que abarque diversas áreas del tratamiento para asegurar que el paciente reciba una atención integral y oportuna [11,23]. Con este antecedente se propone como objetivo, analizar el manejo multidisciplinario de pacientes clase III esqueletal con labio y paladar fisurado a partir de una revisión bibliográfica y la implementación Plithogenic n-SuperHyperGraphs.

2. Recopilación de la información del estudio y bases de la neutrosofía

2.1. Fuente de información del estudio

Para la extracción del procesamiento de la información se realizó una revisión documental basada en la literatura científica disponible a través de diversas bases de datos electrónicas, tales como PubMed, Scopus, Scielo, Web of Science y Google Scholar. Adicionalmente, se incluyeron referencias obtenidas de las listas de citas de los artículos seleccionados, así como de revisiones previas relacionadas con el manejo multidisciplinario de pacientes con clase III esqueletal y labio y paladar fisurado.

La investigación adoptó un enfoque descriptivo de tipo documental, centrado en la revisión y análisis de estudios y artículos extraídos de las bases de datos previamente mencionadas. En cuanto a los criterios de inclusión, se consideraron aquellos estudios clínicos y revisiones bibliográficas que abordaran el manejo multidisciplinario de pacientes, sin distinción de edad o género, realizados en clínicas multidisciplinarias y hospitales de referencia. Asimismo, se incluyeron protocolos de tratamiento integral que involucraran un equipo multidisciplinario compuesto por diversos especialistas. Se seleccionaron exclusivamente artículos publicados entre 2019 y 2024, con el fin de asegurar la relevancia y actualización de la información.

Por otro lado, se excluyeron aquellos estudios que no abordaran el manejo multidisciplinario o que se enfocaran exclusivamente en aspectos individuales del tratamiento. Igualmente, se descartaron los estudios que incluyeran pacientes con condiciones médicas o síndromes diferentes a la fisura labio palatina y clase III esqueletal. También se excluyeron protocolos de tratamiento que no implicaran un equipo multidisciplinario, así como publicaciones previas a 2018, con el objetivo de garantizar que los resultados fueran pertinentes y actuales.

2.2. Plithogenic n-SuperHyperGraphs

La implementación de Plithogenic n-SuperHyperGraphs permite determinar las variables o vértices implícitos en el tratamiento de pacientes clase III esqueletal con labio y paladar fisurado. Con la implementación de esta herramienta se requiere determinar las conexiones o aristas entre los vértices con características poco claras, vagas o parcialmente desconocidas que influyen en el éxito del manejo multidisciplinario de pacientes clase III esqueletal con labio y paladar fisurado.

Plithogenic n-SuperHyperGraphs were defined by Smarandache in the field of decision-making in [12] [13,24]

First, an n-SuperHyperGraph is defined as follows:

Given $V = \{V_1, V_2, \cdots, V_{\mathrm{m}}\}$, where $1 \leq \mathrm{m} \leq \infty$ is a set of vertices, containing *Single Vertices* which are classical, *Indeterminate Vertices* which are unclear, vague, partially known, and the *Null Vertices* that are empty or completely unknown.

$P(V)$ is the power set of V including $\emptyset$. $P^n(V)$ is the n-power set of V, which is defined recursively as follows:

$P^1(V) = P(V)$, $P^2(V) = P\big(P(V)\big)$, $P^3(V) = P\big(P^2(V)\big)$, …, $P^n(V) = P\big(P^{n-1}(V)\big)$, for $1 \leq \mathrm{n} \leq \infty$. Where it is also defined as $P^0(V) = V$.

An n-SuperHyperGraph (*n-SHG*) is an ordered pair $n - SHG = (G_n, E_n)$, where $G_n \subseteq P^n(V)$ and $E_n \subseteq P^n(V)$, for $1 \leq \mathrm{n} \leq \infty$. Such that, G_n is the set of vertices and E_n is the set of edges.

G_n contains all possible types of vertices as in the real world:

- *Single Vertices* (the classics),
- *Indeterminate Vertices* (unclear, vague, partially known),
- *Null Vertices* (empty, totally unknown),
- *SuperVertex* (or *SubsetVertex*) contains two or more vertices of the above types put together as a group (organization).
- *n- SuperVertex* which is a collection of vertices, where at least one of them is a *(n-1)- SuperVertex,* and the others can be *r- SuperVertex* for $r \leq \mathrm{n} - 1$.

E_n contains the following types of edges:

- *Single Edges* (the classics),
- *Indeterminate Edges* (unclear, vague, partially known),
- *Null Edges* (totally unknown, empty),
- *HyperEdge* (connecting three or more single vertices),
- *SuperEdge* (connecting two vertices, at least one of them is a SuperVertex),
- *n- SuperEdge* (connecting two vertices, at least one of them is an n- SuperVertex and may contain another that is an r-SuperVertex with $r \leq \mathrm{n}$).
- *SuperHyperEdge* (connects three or more vertices, where at least one of them is a SuperVertex),
- *n-SuperHyperEdge* (contains three or more vertices, at least one of which is an n-SuperVertex and may contain an r-SuperVertex with $r \leq \mathrm{n}$),
- *MultiEdge* (two or more edges connecting the same two vertices),
- *Loop* (an edge that connects an element to itself),

Graphs are classified as follows:

- Directed Graph (the classic one),
- Undirected Graph (the classic one),
- Neutrosophic Directed Graph (partially directed, partially undirected, partially indeterminate directed).

Within the framework of the theory of Plithogenic n-SuperHyperGraphs, we have the following concepts:

Enveloping vertex: A vertex representing an object comprising attributes and sub-attributes in the graphical representation of a multi-attribute decision-making environment.

SuperEnveloping vertex: An enveloping vertex comprises of SuperHyperEdges.

Dominant Enveloping Vertex: An enveloping vertex that is with dominant attribute values.

Dominant Super Enveloping Vertex: A super enveloping vertex with dominant attribute values.

Dominant Enveloping Vertex is classified into *input*, *intervene,* and *output* based on the nature of the object's representation.

Plithogenic Connectors: The connectors associate the input enveloping vertex with the output enveloping vertex. These connectors associate the effects of input attributes with output attributes and these connectors are weighted by plithogenic weights.

2.3. Término lingüístico usado para cada atributo o parámetro.

Para la evaluación de cada vértice, se propone una escala de medición basada en criterios plitogénicos (denominados como números neutrosóficos de valor único (NNVU)) para evaluar cada subatributo del modelo de Plithogenic n-SuperHyperGraph para el tratamiento del labio y paladar hendido (LPF). Esta escala permite evaluar las variables del modelo al considerar la variabilidad y la indeterminación inherente a los tratamientos médicos, la dinámica del entorno clínico-administrativo y la diversidad de resultados observados en cada paciente (ver tabla 2 y 3).

Tabla 2: Términos lingüísticos neutrosófico empleados para medir cada vértice en el tratamiento del LPF. Fuente: Elaboración propia.

Término lingüístico	NNVU	Descripción
NO (Nulo)	(0,0.96,1)	Indica que el desempeño o el atributo evaluado no cumple con los requisitos mínimos. En referencia a los tratamientos, significa que el proceso no ha sido completado o que no ha habido intervención en la zona evaluada.
BA (Bajo)	(0.25,0.65,0.75)	Se refiere a un nivel de desempeño bajo, donde el resultado cumple con ciertos criterios, pero de manera insuficiente o parcial.
ES (Esperado)	(0.50,0.55,0.50)	Este nivel corresponde a un desempeño promedio o esperado según los estándares de la intervención o tratamiento. Los resultados son adecuados y cumplen con lo que se considera aceptable, aunque no excepcionales.
BU (Bueno)	(0.75,0.15,0.25)	Se refiere a un desempeño superior al esperado, donde los resultados de la intervención o tratamiento son satisfactorios, al mostrar mejoras significativas en los parámetros evaluados.
OP (Óptimo)	(0.95,0,0)	Este es el nivel más alto de desempeño, al indicar que el tratamiento o intervención ha alcanzado altos estándares, con resultados completos y bajos niveles en fallas, inclusive, con impacto positivo en la mejora total del paciente.

Tabla 3: Criterio plitogénico neutrosófico para medir cada sub-atributos. Fuente: Elaboración propia.

Sub-atributos	Criterio plitogénico neutrosófico (CPN)
Alineación maxilar	▪ NO: Desviación mayor a 5 mm ▪ BA: Desviación entre 3 mm y 5 mm ▪ ES: Desviación entre 1 mm y 2.9 mm ▪ BU: Desviación menor a 1 mm ▪ OP: Alineación perfecta, sin desviación
Corrección de la hendidura en el labio y el paladar	▪ NO: Incompleta o con malformación residual ▪ BA: Corrección parcial, con ciertas imperfecciones ▪ ES: Corrección buena, pero con algunas imperfecciones menores ▪ BU: Corrección excelente, sin imperfecciones ▪ OP: Corrección perfecta, sin marcas visibles
Mejoría en articulación del habla	▪ NO: Dificultad grave en el habla (ininteligible) ▪ BA: Dificultad significativa (pocas palabras claras) ▪ ES: Dificultad moderada (frases comprensibles, pero con errores frecuentes) ▪ BU: Discurso claro con pocos errores ▪ OP: Discurso fluido y natural sin errores
Reducción de problemas auditivos	▪ NO: Problemas auditivos graves, no mejoran ▪ BA: Mejoría parcial, pero problemas persistentes ▪ ES: Mejoría considerable, con pocos problemas restantes ▪ BU: Sin problemas auditivos después de la intervención ▪ OP: Ausencia total de problemas auditivos, con función auditiva óptima
Confianza en la imagen corporal del paciente	▪ NO: Baja confianza, con gran impacto emocional ▪ BA: Confianza moderada, con efectos negativos limitados ▪ ES: Confianza aceptable, con ciertas inseguridades ▪ BU: Confianza alta, con percepción positiva de la imagen corporal ▪ OP: Confianza total, sin inseguridades
Cumplimiento del tratamiento y adherencia familiar	▪ NO: No se siguen las recomendaciones ni se asisten a citas médicas ▪ BA: Cumplimiento bajo, con fallos frecuentes en la asistencia ▪ ES: Cumplimiento moderado, con asistencia y apoyo intermitente ▪ BU: Cumplimiento alto, con asistencia regular y buen apoyo emocional ▪ OP: Cumplimiento completo, con total adherencia a las recomendaciones
Seguimiento de citas médicas	▪ NO: Asistencia menor al 30% ▪ BA: Asistencia entre el 30% y el 50% ▪ ES: Asistencia entre el 51% y el 70%

Sub-atributos	Criterio plitogénico neutrosófico (CPN)
Disponibilidad de especialistas	▪ BU: Asistencia entre el 71% y el 90% ▪ OP: Asistencia superior al 90% ▪ NO: Sin disponibilidad en el último mes ▪ BA: Disponibilidad ocasional (menos del 30% del tiempo requerido) ▪ ES: Disponibilidad parcial (30% - 60% del tiempo requerido) ▪ BU: Disponibilidad amplia (61% - 90%) ▪ OP: Disponibilidad total o inmediata (más del 90%)
Frecuencia de reuniones clínicas	▪ NO: Ninguna reunión en el último trimestre ▪ BA: Una reunión trimestral ▪ ES: Reuniones bimestrales ▪ BU: Reuniones mensuales ▪ OP: Reuniones semanales o más frecuentes

3. Integración del Plithogenic n-SuperHyperGraph en el tratamiento del labio y paladar hendido (LPF)

3.1 Revisión bibliográfica sobre el manejo de pacientes clase III esqueletal con LFP

A partir de la revisión bibliográfica, se han obtenido varios estudios extraídos de las bases de datos anteriormente mencionadas para el desarrollo del tema de investigación. Los resultados se muestran en la tabla 4, en donde se encuentran relacionadas con el manejo multidisciplinario de pacientes con clase III esqueletal y labio y paladar fisurado.

Tabla 4: Resultados de la revisión bibliográfica sobre pacientes con clase III esqueletal y LPF. Fuente: Elaboración propia.

Autor y títulos	Datos	Categoría
(Doğan E, Gülen /, Ergican Ö, Doğan S., 2021). Maxillary Development in Patients with Unilateral Cleft Lip and Palate Maxillary Development in Patients with Unilateral Cleft Lip and Palate Compared with Individuals Having Skeletal Class I and Class III Malocclusion.	Esta revisión tiene como finalidad comparar el desarrollo maxilar en individuos con labio y paladar hendido unilateral (LPF) con defectos esqueléticos de clase I y clase III.	Hay diferentes defectos esqueléticos, para lo cual el alargamiento y expansión del maxilar superior o inferior son tratamientos iniciales determinantes.
(Campuzano Tanya, Castro Ana, Méndez Kevin., 2021). Tratamiento de pacientes que presentan maloclusión de clase III relacionada con malformaciones y alteraciones del desarrollo craneofacial.	Este trabajo de investigación se propuso determinar las opciones de tratamiento disponibles para pacientes en estadio III con cambios craneofaciales. Definieron a una maloclusión como un cambio en la disposición de los dientes que ocurre en diferentes situaciones.	La maloclusión clase III la definen como un cambio en la posición de la mandíbula en relación al maxilar superior; es decir la mandíbula está protruida.
(Portero Christian, Costales Mauro, Reyes José, Crespo Víctor., 2020). Clase esqueletal e inclinación dental en pacientes con labio y paladar hendido.	Esta revisión bibliográfica busca determinar las diferencias en el patrón óseo y la morfología dental encontradas al comparar las mediciones cefalométricas de individuos con labio fisurado, y aquellos que no presenten estas anomalías.	Para realizar la comparación y buscar las diferencias en el patrón óseo se necesitan mediciones cefalométricas de personas con paladar hendido y labio leporino.
(Watted et al., 2020). Multidisciplinary Treatment in Cleft Lip and Palate Patients International Journal of Dental Research and Oral Health.	Este estudio clasificó el labio y paladar hendido en sindrómica y no sindrómica, Mencionando que esta última es causada por factores genéticos y ambientales como la desnutrición y exposición a radiación.	Los pacientes con LPF presentan problemas oclusales, estéticos, funcionales y del habla, junto con anomalías faciales y dentales como dientes impactados y ausente.
(Sinha S. et al., 2023) Does cleft lip and palate affect the severity of malocclusion? [14].	Este artículo se enfoca en identificar las diferencias entre los lados afectados y no afectados en pacientes con labio y paladar hendido unilateral no fueron significativas. Dando como resultado que hubo diferencias significativas entre pacientes con labio y paladar hendido unilateral y bilateral, excepto por el ángulo SNA.	Los pacientes con hendiduras mostraron maxilares más retrognáticos y micrognáticos, y una menor altura de rama en comparación con pacientes sin hendiduras.
(Salari et al., 2022) Global prevalence of cleft palate, cleft lip and	El presente estudio explicó que hay una alta prevalencia de labio y paladar fisurado en niños, por	Se observaron maxilares más retrognáticos e hipoplasia mandi-

Autor y títulos	Datos	Categoría
cleft palate and lip: A comprehensive systematic review and meta-analysis.	lo que es crucial que los responsables de políticas de salud implementen medidas preventivas, diagnósticas y terapéuticas para reducir su incidencia.	bular en comparación con pacientes sin hendidura y aquellos con maloclusión esquelética de Clase III, lo que requiere es un diseño quirúrgico específico.
(Green M. et al., 2021) Evaluating the Effectiveness of Multidisciplinary Teams in Cleft Care. International Journal of Multidisciplinary Studies.	El siguiente artículo muestra que los equipos multidisciplinarios, compuestos por ortodoncistas, cirujanos y otros especialistas, mejoran significativamente el tratamiento de pacientes con labio y paladar hendido. Destaca la importancia de la coordinación y planificación integral para optimizar resultados quirúrgicos, función del habla y estética dental. La intervención temprana y el seguimiento continuo son esenciales para adaptar el tratamiento a las necesidades cambiantes del paciente.	La colaboración entre diferentes especialistas no solo mejora los resultados clínicos, sino también la satisfacción general del paciente. Por eso estos equipos mejoran la atención de pacientes con LPF, dando resultados que mejoran quirúrgicamente y funcional del habla, así como una mayor satisfacción del paciente.
(Patel R, Sharma T. 2020) Role of Nutrition in Multidisciplinary Cleft Care.	Este estudio se presenta los puntos clave que se incluyen en la adaptación de técnicas de alimentación para superar los desafíos nutricionales en infantes, evaluaciones regulares por nutricionistas para ajustar las necesidades alimenticias, y la implementación de planes alimenticios personalizados.	La nutrición juega un papel crucial en el manejo de pacientes con labio y paladar hendido, ya que es fundamental para su crecimiento óptimo y recuperación postquirúrgica.
(Smith J. et al. 2019) Dental and Orthopedic Management in Cleft Lip and Palate Patients.	El presente artículo evidencia las estrategias integrales necesarias para el tratamiento de pacientes con labio y paladar hendido. Este manejo se enfoca en una combinación de intervenciones ortodónticas y quirúrgicas, iniciando desde el nacimiento hasta la adultez temprana, con el objetivo de corregir tanto las deformidades estéticas como funcionales.	Se requiere una coordinación cuidadosa entre diferentes especialistas para asegurar resultados estéticos y funcionales óptimos a lo largo del desarrollo del paciente.
(Favero V. et al. 2024) Cleft lip and palate outcomes: Multidisciplinary approach for comprehensive management [15].	En la investigación realizada se destaca uno de los problemas dentales más comunes asociados con el labio leporino y el paladar hendido, la falta de soporte y definición de la punta nasal deriva de los procedimientos quirúrgicos y las discrepancias esqueléticas. Los autores concluyen que la rehabilitación terapéutica de los pacientes con LPF exige un abordaje multidisciplinar y personalizado debido a que esta malformación compleja afecta a diferentes funciones, con el objetivo de mejorar no solo sus deficiencias funcionales, sino también sus problemas estéticos y del habla, y el malestar psicológico.	Anomalía dentofacial comúnmente caracterizada por estrechez maxilar, ausencia de dientes y alteraciones estéticas, que requiere un tratamiento amplio y de mayor cobertura.
(Öztürk T. Yagci F. Yagci A. 2021) Multidisciplinary treatment from infancy to adolescence of a patient with a unilateral cleft lip and palate: a 16-year follow-up case report [16].	En la presente investigación se enfatiza que, el paladar hendido y el labio leporino es una deformidad congénita en aproximadamente uno de cada 1.000 nacidos vivos. El enfoque multidisciplinar suele implicar un largo proceso que comienza en la infancia y se extiende hasta la edad adulta, mediante el moldeado nasoalveolar (NAM). Teniendo una intervención los ortodoncistas para facilitar al cirujano el cierre del defecto labial primario.	Adicionalmente se recomienda la rehabilitación prostodóncica de los dientes ausentes, ya que, el cierre ortodóncico no es posible debido a la falta de hueso en la zona de la agenesia.
(Anna P. Marcin M. Irena D. 2022) Current Concepts and Challenges in the Treatment of Cleft Lip and Palate Patients—A Comprehensive Review.	En este análisis, el labio leporino y el paladar hendido tienen una de las mayores incidencias en las malformaciones de la cavidad oral, destacando la importancia de la gran necesidad de cooperación entre los diferentes especialistas dentales junto con profesionales médicos como cirujanos orales, prostodoncistas, ortodoncistas junto con profesiones médicas como pediatras, logopedas y foniatras, y laringólogos.	Se destaca la importancia del enfoque multidisciplinario, debido que, las hendiduras requieren muchas intervenciones reconstructivas para restablecer la continuidad de los tejidos y las funciones alteradas.

3.2 Modelación del Plithogenic n-SuperHyperGraph

Una vez definida la información a utilizar en el estudio, se propone la implementación de Plithogenic n-SuperHyperGraphs para determinar las variables o vértices implícitos en el tratamiento (ver tabla 5). El modelo propuesto, estructurado bajo la estructura del Plithogenic n-SuperHyperGraph, proporciona una herramienta que analiza la interdependencia de factores clínicos, funcionales y psicosociales en el tratamiento de la clase III esqueletal y LPF, al destacar la prioridad de una gestión coordinada como pilar fundamental del éxito terapéutico. [25,26]

Tabla 5: Vértices definidos por plithogenic n-superhypergraph para pacientes con clase III esqueletal y con LPF. Fuente: Elaboración propia.

SuperVertex	Vértices (V)	Vertex Attributes	Vertex Sub Attributes	Vertex Sub Sub Attributes
Intervenciones médicas (V_1)	Cirugía reparadora (V_{11})	Alineación maxilar (V_{111})		CPN: (V_{1111}) - (V_{1115})
		Corrección de la hendidura (V_{112})		CPN: (V_{1121}) - (V_{1125})
	Terapia fonoaudiológica (V_{12})	Mejoría en articulación del habla (V_{121})	Inicial (V_{1211})	CPN: (V_{12111}) - (V_{12115})
			Final (V_{1212})	CPN: (V_{12121}) - (V_{12125})
		Reducción de problemas auditivos (V_{122})	Inicial (V_{1221})	CPN: (V_{12211}) - (V_{12215})
			Final (V_{1222})	CPN: (V_{12221}) - (V_{12225})
Factores Psicosociales (V_2)	Bienestar psicológico (V_{21})	Inicial (V_{211})	Confianza en la imagen corporal del paciente	CPN: (V_{2111}) - (V2115)
		Final (V_{212})		CPN: (V2121) - (V2125)
	Educación familiar (V_{22})	Inicial (V_{221})	Cumplimiento del tratamiento y adherencia familiar	CPN: (V2221) - (V2215)
		Final (V_{222})		CPN: (V2221) - (V_{2225})
Gestión clínica-administrativa (V_3)	Seguimiento clínico (V_{31})	Citas Médicas (V_{311})	Seguimiento de citas médicas	CPN: (V_{3111}) - (V_{3115})
		Disponibilidad de Especialistas (V_{312})	Disponibilidad de especialistas	CPN: (V_{3121}) - (V_{3125})
	Coordinación médica (V_{32})	Frecuencia de reuniones clínicas (V_{321})	Frecuencia de reuniones clínicas	CPN: (V_{2221}) - (V_{3125})

En la tabla anterior se muestran vértices que permiten evaluar bajo criterios neutrosóficos el impacto de la coordinación clínica, la intervención médica y el entorno psicosocial en el éxito del tratamiento de la clase III esqueletal y LPF. De hecho, se incluye la asignación de valores neutrosóficos para analizar los vértices poco claros, vagos o parcialmente conocidos inherentes a los resultados clínicos y sociales, al garantizar una evaluación integral del proceso terapéutico. Entre los principales puntos a destacar, se observan:

- El conjunto de atributos se encuentra definido por: $\{V_1, V_2, V_3\}$, donde el vértice dominante es seguimiento clínico (V_{31}) y coordinación médica (V_{32}) incluidos en el *SuperVertex* V_1. De hecho, estos vértices se clasificaron como dominantes, debido que el logro del éxito del tratamiento depende en gran parte de cómo se gestionen los recursos. Por ejemplo, la selección del equipo interdisciplinario permite un diagnóstico y una evaluación global del paciente. Además de definir los tiempos, los recursos humanos y materiales, así como los procedimientos para que el tratamiento tenga éxito en el paciente.
- Los vértices envolventes de entrada se han definido por (V_{1211}), (V_{1221}), (V_{211}) y (V_{221}).
- Los vértices envolventes de salida se han definido por: (V_{1212}), (V_{1222}), (V_{212}) y (V_{222}).

Un aspecto a destacar en los vértices de entrada y salida es que se encuentran definidos por dos evaluaciones que se hacen al implementar un tratamiento a pacientes con clase III esqueletal y LPF. De hecho, se busca determinar dos estados dentro del vértice que agrupa un vértice de entrada y de salida. Por ejemplo, para medir el vértice *reducción de problemas auditivos* (V_{122}) se debe haber realizado una evaluación primaria o inicial del estado en que se encontraba el paciente. Luego el paciente recibe un tratamiento por el especialista, por un tiempo determinado. Posteriormente, de haber realizado el tratamiento se debe evaluar nuevamente este vértice (evaluación secundaria o final) para definir si se lograron los resultados esperados. Por tanto, este vértice al igual que los anteriormente definidos se denominan vértices envolventes de entrada y salida.

Una vez identificados los vértices en la tabla 5, se procede a clasificar las aristas que unen a cada vértice con los vértices dominantes. De modo que se identifiquen posibles propuestas, en donde se incluyan las indeterminaciones existentes en el manejo multidisciplinario de pacientes clase III esqueletal y LPF.

3.2.1 Modelos de impacto variable en el tratamiento

El tratamiento integral de la clase III esqueletal y labio y paladar fisurado involucra modelos terapéuticos, en donde el impacto presenta variabilidad significativa, condicionada por factores clínicos, terapéuticos y sociales. Esta variabilidad introduce un grado de indeterminación que influye en la predicción de los resultados clínicos y en la efectividad de ciertas intervenciones.

Con base en estas consideraciones, se establecen dos categorías para clasificar las interacciones entre vértices del modelo de tratamiento de la clase III esqueletal y labio y paladar fisurado (ver tabla 6). Las relaciones determinadas (D) se caracterizan por procesos bien definidos y protocolos establecidos, al permitir un control objetivo de los resultados. En contraste, las relaciones indeterminadas (I) se encuentran influenciadas por factores individuales, la efectividad de las terapias aplicadas y la capacidad de adaptación del paciente, lo que dificulta prever con exactitud el desenlace clínico.

Table 6: Modelos propuestos de interacciones entre vértices. Fuente: Elaboración propia.

No.	Modelos	(NNVU)	Arista	Observaciones
M1	Seguimiento clínico*Alineación maxilar (Cirugía reparadora)	(0.75, 0.15, 0.25)	D	La alineación maxilar es un procedimiento bien establecido en cirugía, con criterios claros para su evaluación postoperatoria.
M2	Seguimiento clínico*Corrección de la hendidura (Cirugía reparadora)	(0.75, 0.15, 0.25)	D	La corrección de la hendidura sigue protocolos quirúrgicos claros y sus resultados son evaluables mediante parámetros objetivos.
M3	Seguimiento clínico* Mejoría en articulación del habla (Terapia fonoaudiológica)	(0.50, 0.55, 0.50)	I	La respuesta a la terapia de habla varía según el compromiso y la eficacia individual del tratamiento.
M4	Seguimiento clínico* Reducción de problemas auditivos (Terapia fonoaudiológica)	(0.50, 0.55, 0.50)	I	Los resultados en la reducción de problemas auditivos dependen de la eficacia de la intervención terapéutica y la gravedad de los problemas previos.
M5	Seguimiento clínico*Inicial Bienestar psicológico*Final Bienestar psicológico	(0.25, 0.65, 0.75)	I	El seguimiento del bienestar psicológico es determinante en la evolución del paciente y su respuesta al tratamiento, al permitir evaluaciones objetivas a lo largo del tiempo. No obstante, puede verse afectada por factores sociales, culturales y ambientales.
M6	Seguimiento clínico*Inicial Educación familiar *Final Educación familiar	(0.25, 0.65, 0.75)	I	La educación familiar es una intervención estructurada y esencial para el apoyo del paciente, con resultados previsibles a medida que se desarrolla el tratamiento. Sin embargo, se vería afectado por factores psicosociales.
M7	Coordinación médica *Alineación maxilar (Cirugía reparadora)	(0.75, 0.15, 0.25)	D	La coordinación médica en la cirugía maxilar se basa en protocolos precisos, con un control directo sobre el proceso y los resultados esperados.
M8	Coordinación médica *Corrección de la hendidura (Cirugía reparadora)	(0.75, 0.15, 0.25)	D	La coordinación médica en este procedimiento sigue un protocolo quirúrgico claro, facilitando la evaluación y monitoreo de los resultados.
M9	Coordinación médica * Mejoría en articulación del habla (Terapia fonoaudiológica)	(0.50, 0.55, 0.50)	I	La coordinación médica en este ámbito depende de la implementación efectiva de la terapia fonoaudiológica, en donde la eficacia varía según cada caso.
M10	Coordinación médica * Reducción de problemas auditivos (Terapia fonoaudiológica)	(0.50, 0.55, 0.50)	I	La eficacia en la reducción de problemas auditivos está sujeta a la respuesta individual del paciente a la intervención terapéutica.
M11	Coordinación médica *Inicial Bienestar psicológico*Final Bienestar psicológico	(0.25, 0.65, 0.75)	D	La coordinación médica en el manejo del bienestar psicológico permite evaluaciones y ajustes durante

					todo el proceso terapéutico, favoreciendo un monitoreo constante.
M12	Coordinación médica Educación familiar Educación familiar	*Inicial *Final	(0.25, 0.65, 0.75)	D	La coordinación médica en este ámbito facilita la implementación eficaz de estrategias de apoyo familiar, lo que tiene un impacto directo en el tratamiento del paciente.

En la tabla 6, se observa que los modelos M3 y M4, enfocados en la mejoría de la articulación del habla y la reducción de problemas auditivos, presentan un comportamiento menos predecible. Factores como el tiempo transcurrido tras la intervención quirúrgica, el grado de adherencia del paciente a las terapias de rehabilitación y la calidad de las sesiones de fonoaudiología influyen directamente en su efectividad. De hecho, esta conexión entre vértices genera un alto grado de incertidumbre en la evaluación del impacto de estos modelos.

Por otro lado, los modelos M5 y M6, orientados al bienestar psicológico del paciente y a la educación familiar, también presentan características indeterminadas. Su evaluación se ve afectada por factores sociales, culturales y ambientales, lo que dificulta la aplicación de criterios uniformes para medir su efectividad. La respuesta emocional del paciente y las dinámicas del entorno familiar introducen un margen de variabilidad que condiciona los resultados esperados.

Pese a estas dificultades, la coordinación médica de un equipo interdisciplinario y el seguimiento clínico se mantienen como elementos clave en el manejo de pacientes clase III esqueletal y LPF. De hecho, una adecuada organización de las intervenciones quirúrgicas, el control postoperatorio y la programación de evaluaciones médicas contribuyen significativamente en el tratamiento, al integrar y evaluar la incertidumbre dentro del conjunto solución.

3.2.2 Propiedades de los SuperHyperEdge: Manejo integral de pacientes clase III esqueletal y LPF

El SuperHyperEdge (SHE) establece una vinculación estratégica entre el vértice gestión clínica-administrativa (V_3) —considerado un SuperVertex (seguimiento clínico (V_{31}) y coordinación médica (V_{32}))— y diversos vértices que representan aspectos esenciales en el manejo integral de pacientes clase III esqueletal y LPF. En la figura 1 se destacan las conexiones indeterminadas entre el SuperVertex V_1 con V_{21} y V_{22}, al igual que V_{12}. De hecho, constituyen vértices indeterminados, así como el SuperVertex conformado por $\{V_{21}, V_{22}\}$.

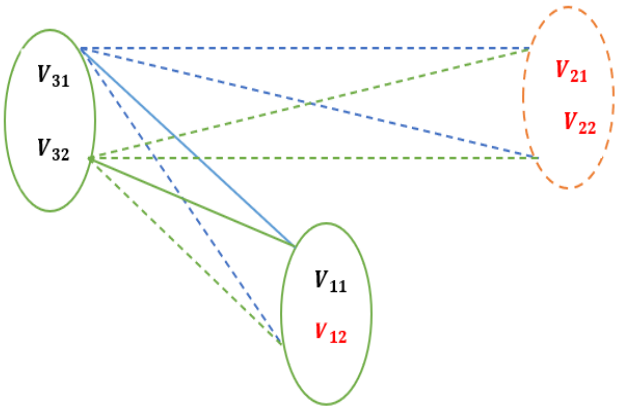


Figura 1: Representación del grafo dirigido neutrosófico del estudio. Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, en la figura anterior se observa la conexión entre la *gestión clínica-administrativa* (V_3) y la *cirugía reparadora* (V_{11}) resulta determinante en el tratamiento del LPF, especialmente en pacientes con clase III esqueletal. La gestión eficiente permite organizar la programación quirúrgica, la asignación de recursos y la coordinación del equipo multidisciplinario. Esta planificación optimiza los tiempos de intervención, reduce demoras en el tratamiento y facilita el seguimiento postoperatorio. De este modo, la adecuada coordinación entre especialistas en cirugía maxilofacial, ortodoncia y fonoaudiología favorece la integración de procedimientos que contribuyen a mejorar tanto la funcionalidad oral como el resultado estético del paciente.

Por otro lado, la vinculación entre la *gestión clínica-administrativa* (V_3) y la *terapia fonoaudiológica* (V_{12}) permite garantizar la rehabilitación de las funciones orales y del habla. Esta conexión facilita la planificación de sesiones terapéuticas, asegurando la disponibilidad de especialistas y la realización de evaluaciones periódicas.

Asimismo, el seguimiento continuo permite identificar oportunamente dificultades en el proceso de rehabilitación, lo que permite ajustar las estrategias terapéuticas para mejorar la articulación del habla, la fonación y la deglución.

En relación con el bienestar emocional, la interacción entre la *gestión clínica-administrativa* (V_3) y el vértice *bienestar psicológico* (V_{21}) es clave para mitigar la ansiedad y el estrés asociados al tratamiento. La planificación organizada de citas médicas, sumada a la inclusión de profesionales en salud mental, permite brindar un acompañamiento emocional que mejora la experiencia del paciente y favorece su bienestar psicológico y social.

Finalmente, la conexión entre la *gestión clínica-administrativa* (V_3) y la *educación familiar* (V_{22}) resulta determinante para involucrar activamente a los cuidadores en el proceso terapéutico. Esta relación facilita la transmisión de información clara sobre el desarrollo del tratamiento, las necesidades del paciente y las pautas de cuidado postoperatorio. Además, las sesiones educativas para las familias fortalecen sus habilidades para brindar apoyo emocional, fomentar hábitos saludables y garantizar una adecuada adherencia al tratamiento.

El análisis del grafo permite visualizar las diversas interacciones indeterminadas que influyen en el éxito del tratamiento. En realidad, uno o dos especialistas no pueden determinar por sí mismos la efectividad de un tratamiento si la enfermedad que posee el paciente se encuentra más allá de las fronteras del conocimiento adquirido. Por tanto, ese especialista a lo largo del periodo en que diagnóstica a un paciente avanza a zonas parcialmente desconocidas en materia de salud. Por ello, la optimización en el manejo multidisciplinario de pacientes con clase III esqueletal y LPF reside en la integración de equipos interdisciplinarios, así como el uso de tecnología avanzada. Además de la personalización de las intervenciones y la evaluación continua constituyen aspectos fundamentales para mejorar los resultados en áreas clave como el bienestar psicológico, la mejora en la articulación del habla, la reducción de problemas auditivos y la educación familiar. De hecho, la constante revisión y ajuste de los procedimientos ayuda a optimizar el tratamiento y garantiza mejores resultados a largo plazo para los pacientes.

4. Discusión

La aplicación del modelo Plithogenic n-SuperHyperGraph (p-SHG) ha demostrado ser una herramienta útil para la gestión clínica-administrativa del tratamiento del labio y paladar fisurado, especialmente en pacientes con clase III esqueletal. La relación estratégica entre el *supervertex gestión clínica-administrativa* (V_3) y los vértices asociados a la *cirugía reparadora*, la *terapia fonoaudiológica*, el *bienestar psicológico y la educación familiar* optimiza los tiempos de tratamiento, fortalece la adherencia terapéutica y mejora los resultados funcionales y estéticos. Esta método ha permitido integrar factores clínicos, emocionales y sociales, al garantizar una atención integral y personalizada (según). Así como la inclusión de equipos de especialistas con características interdisciplinarias o multidisciplinario en el manejo de esta afección.

De hecho, un equipo multidisciplinario está compuesto por profesionales de diferentes disciplinas que actúan de manera independiente en la evaluación y tratamiento de pacientes con necesidades médicas complejas. Cada miembro desempeña funciones específicas, al cooperar entre sí para abordar los problemas del paciente. En cambio, un equipo interdisciplinario se caracteriza por profesionales de diversas disciplinas que trabajan de manera conjunta, al coordinar la atención del paciente y promover la colaboración, interacción, comunicación y cooperación entre los especialistas.

Bajo este planteamiento, se ha observado que es posible planificar la secuencia de procedimientos y los plazos estimados para el paciente y su familia. Incluso, se ha demostrado que el modelo de equipo interdisciplinario es más eficaz en el tratamiento de pacientes con anomalías craneofaciales. De hecho, un equipo que trabaja de forma conjunta durante un periodo prolongado evoluciona hacia un equipo transdisciplinario, donde los miembros comprenden las disciplinas ajenas a la suya y cómo estas se relacionan con el cuidado integral del paciente. Por consiguiente, esta estrategia resulta ser beneficiosa para la atención global del paciente, inclusive, se ha observado que en muchos casos, los equipos especializados en labio y paladar fisurado o anomalías craneofaciales actúan como el equipo principal en el tratamiento de estos pacientes [17,27].

Dentro de un equipo interdisciplinario especializado en LPF y anomalías craneofaciales, cada miembro cumple con funciones claramente definidas según Öztürk et al (2021) y otros autores identificados en la revisión documental basada en la literatura científica. A continuación, se describen algunos de los roles clave:

- Audiólogo: Evaluación de la audición y función del oído medio, dado el riesgo elevado de alteraciones auditivas en pacientes con anomalías craneofaciales.
- Odontopediatra: Encargado del cuidado preventivo y tratamiento de alteraciones en la dentición primaria, cuyo mantenimiento es esencial para el desarrollo adecuado de los dientes permanentes.
- Enfermera: Responsable de evaluar el desarrollo físico del paciente, asistiendo a la familia en la implementación de técnicas de alimentación compensatoria.
- Cirujano maxilofacial: Realiza injertos óseos en la hendidura alveolar y cirugías ortognáticas para corregir la oclusión maxilar y mandibular. Además, lleva a cabo la cirugía de cierre del paladar, generalmente antes del primer año de vida.
- Ortodoncista: Encargado del tratamiento de la maloclusión dental y esquelética, mejorando tanto la estética como la función de la dentición.

- ❖ Otorrinolaringólogo: Se ocupa de las enfermedades del oído medio, la audición y la función de las vías respiratorias superiores.
- ❖ Pediatra: Evaluación médica general del paciente, así como el crecimiento y desarrollo. Determina la necesidad de otros cuidados médicos antes de las intervenciones quirúrgicas.
- ❖ Cirujano plástico: Realiza la reparación quirúrgica del labio, paladar y anomalías faciales, corrigiendo la disfunción velofaríngea y los aspectos estéticos y funcionales del rostro.
- ❖ Prostodoncista: Se encarga de la restauración dental o la sustitución de dientes perdidos, mejorando la función de la alimentación y el cierre velofaríngeo.
- ❖ Psicólogo: Evalúa las necesidades psicosociales del paciente y su familia, ayudando en el afrontamiento de los retos emocionales derivados de las anomalías del paciente
- ❖ Trabajador social: Ayuda a las familias a enfrentar los problemas sociales y logísticos asociados a las anomalías, y facilita la coordinación de citas y la gestión de seguros.
- ❖ Logopeda: Asesora sobre el desarrollo de habilidades comunicativas y evalúa problemas relacionados con la alimentación, la deglución y el habla, ofreciendo terapias específicas.
- ❖ Coordinador de equipo: Organiza las reuniones del equipo, gestiona el contacto con los padres y otros profesionales, y asegura que las recomendaciones de cada miembro sean implementadas y seguidas adecuadamente.

El modelo de atención basado en un equipo interdisciplinario permite una evaluación global del paciente, complementada por las valoraciones individuales de los profesionales. Este enfoque integral resulta más eficiente, ya que reduce el número de visitas y, por lo general, resulta más económico que las evaluaciones separadas. Además, los planes de atención son diseñados de manera conjunta, aprovechando el conocimiento multidisciplinario para una toma de decisiones más informada y precisa [18].

El seguimiento y control de la atención del paciente es facilitado por el coordinador del equipo, quien se encarga de asegurar la continuidad del tratamiento y la correcta implementación de las intervenciones recomendadas [19]. Los equipos especializados en LPF y anomalías craneofaciales están formados por expertos en diversas áreas, lo que permite ofrecer atención de vanguardia. Este enfoque también fomenta una comunicación constante entre los profesionales, promoviendo buenas relaciones laborales y el intercambio de conocimientos, lo cual optimiza el cuidado del paciente.

Una de las ventajas más significativas de este modelo es la mejora en la gestión de los registros de los pacientes, lo que facilita la colaboración en investigaciones y publicaciones científicas [20]. Para que un equipo interdisciplinario funcione eficazmente, es fundamental que exista un ambiente de respeto y cooperación entre sus miembros. Sin embargo, pueden surgir dificultades si las funciones no están claramente definidas, o si hay competencia interdisciplinaria o problemas relacionados con la territorialidad. La comunicación fluida sobre los procedimientos y protocolos debe estar basada en un consenso común, garantizando la continuidad y calidad de la atención. En última instancia, el objetivo primordial de cualquier equipo debe ser el bienestar del paciente y la optimización de su tratamiento.

5. Conclusión

La implementación del modelo Plithogenic n-SuperHyperGraph ha contribuido a la gestión integral de la complejidad clínica asociada al tratamiento de pacientes con clase III esqueletal y con labio y paladar fisurado. En particular, se ha evidenciado que la interacción estratégica del supervertex gestión clínica-administrativa (V_3) con elementos fundamentales como la cirugía reparadora, la terapia fonoaudiológica y el bienestar psicológico ha sido determinante para garantizar una atención integral y sostenida en el tiempo.

Asimismo, el análisis de los datos ha permitido identificar que el manejo clínico de estos pacientes exige la intervención de un equipo multidisciplinario o interdisciplinario que integre de manera coordinada especialidades médicas, odontológicas y psicosociales. De hecho, este trabajo colaborativo ha demostrado ser esencial para optimizar los resultados funcionales, estéticos y emocionales, al favorecer así una recuperación más completa y duradera.

La evidencia ha respaldado que la implementación de un equipo de especialistas, que actúe de forma integrada y organizada, constituye la alternativa más eficaz para abordar las complejidades e incertidumbres propias de las deformidades craneofaciales. Esta estrategia permite establecer un esquema de tratamiento que responde de manera efectiva a las necesidades del paciente a lo largo de las distintas etapas de su desarrollo, al garantizar así una atención integral y continua.

Referencias

[1] N. Rojvachiranonda *et al.*, "Current Situation of Non-cleft Craniofacial Anomalies in Thailand: A Multicenter Study," *Journal of Craniofacial Surgery,* vol. 36, no. 1, pp. 119-122, 2025. [Online]. Available: https://journals.lww.com/jcraniofacialsurgery/abstract/2025/01000/current_situation_of_non_cleft_craniofacial.28.aspx.

[2] A. Paradowska-Stolarz, M. Mikulewicz, and I. Duś-Ilnicka, "Current concepts and challenges in the treatment of cleft lip and palate patients—A comprehensive review," *Journal of Personalized Medicine,* vol. 12, no. 12, p. 2089, 2022. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2075-4426/12/12/2089.

[3] K. Fitzsimons *et al.*, "Range and frequency of congenital malformations among children with cleft lip and/or palate," *The Cleft Palate Craniofacial Journal,* vol. 60, no. 8, pp. 917-927, 2023. [Online]. Available: https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/10556656221089160.

[4] E. Doğan, G. Ö. Ergican, and S. Doğan, "Maxillary development in patients with unilateral cleft lip and palate compared with individuals having skeletal class I and class III malocclusion," *Journal of Clinical Pediatric Dentistry,* vol. 45, no. 2, pp. 140-145, 2021. [Online]. Available: https://meridian.allenpress.com/jcpd/article-pdf/45/2/140/2821736/i1053-4628-45-2-140.pdf.

[5] A. Jamilian, K. Ferati, A. Palermo, A. Manicini, and R. Rotolo, "Craniofacial development of the child," *Eur J Musculoskel Dis,* vol. 11, no. 3, pp. 89-95, 2022. [Online]. Available: https://www.biolife-publisher.it/ejmd/wp-content/uploads/2023/02/EJMD-VOL.-11-ISSUE-3-September-December-2022.pdf.

[6] A. Koskela, A. Neittaanmäki, K. Rönnberg, A. Palotie, S. Ripatti, and T. Palotie, "The relation of severe malocclusion to patients' mental and behavioral disorders, growth, and speech problems," *European Journal of Orthodontics,* vol. 43, no. 2, pp. 159-164, 2021. [Online]. Available: https://academic.oup.com/ejo/article/43/2/159/5826514?login=false.

[7] V. J. Pereira and D. Sell, "How differences in anatomy and physiology and other aetiology affect the way we label and describe speech in individuals with cleft lip and palate," *International Journal of Language & Communication Disorders,* vol. 59, no. 6, pp. 2181-2196, 2024. [Online]. Available: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1460-6984.12946.

[8] N. E. Tashkandi *et al.*, "The relationship between malocclusion and speech patterns: a cross-sectional study," *BMC Oral Health,* vol. 25, no. 1, p. 65, 2025. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-025-05437-0.

[9] Y. Shi, S. Luo, H. Wang, Q. Yao, Y. Shi, and J. Cheng, "Three-dimensional bone remodelling of glenoid fossa in patients with skeletal Class III malocclusion after bimaxillary orthognathic surgery," *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery,* vol. 53, no. 2, pp. 133-140, 2024/02/01/ 2024. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0901502723001583.

[10] G. Popa *et al.*, "Evaluation of Upper Airway Width and Facial Height Cephalometric Parameters in Adult Caucasians with Skeletal Class I and Class III Malocclusion," *Medicina,* vol. 61, no. 3, p. 463, 2025. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/1648-9144/61/3/463.

[11] A. Watted, N. Watted, and M. Abu-Hussein, "Multidisciplinary treatment in cleft lip and palate patients," *Int J Dent Res Oral Health,* vol. 2, no. 2020, pp. 1-12, 2020. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Abu-Hussein-Muhamad/publication/343041284_Multidisciplinary_Treatment_in_Cleft_Lip_and_Palate_Patients_International_Journal_of_Dental_Research_and_Oral_Health/links/5f12d69da6fdcc3ed71214cc/Multidisciplinary-Treatment-in-Cleft-Lip-and-Palate-Patients-International-Journal-of-Dental-Research-and-Oral-Health.pdf?__cf_chl_tk=JGqFnQkh8Niu4XSZKN10cq.TY6dyzRWBKiUW6.3YELc-1743048810-1.0.1.1-PwSayZ.iINWMt6yFQXmr3YRF4FJ2PNkIiQc2vCSPGCA.

[12] M. Rahmati and M. Hamidi, "On Strong Super Hyper EQ Algebras: A Proof-of-Principle Study," *Plithogenic Logic and Computation,* vol. 2, no. August, pp. 29-36, 08/04 2024. [Online]. Available: https://sciencesforce.com/index.php/plc/article/view/351.

[13] F. Smarandache, "Foundation of SuperHyperStructure & Neutrosophic SuperHyperStructure," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 63, no. 1, p. 21, 2024. [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2577&context=nss_journal.

[14] S. P. Sinha, M. Bajracharya, C.-S. Huang, and E. W.-C. Ko, "Does cleft lip and palate affect the severity of malocclusion?," *Clinical oral investigations,* vol. 27, no. 12, pp. 7557-7567, 2023. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-023-05345-z.

[15] V. Favero *et al.*, "Cleft lip and palate outcomes: Multidisciplinary approach for comprehensive management," *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery,* vol. 125, no. 5, p. 101899, 2024. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2468785524001447.

[16] T. Ozturk, F. Yagci, and A. Yagci, "Multidisciplinary treatment from infancy to adolescence of a patient with a unilateral cleft lip and palate: a 16-year follow-up case report," *Australasian Orthodontic Journal,* vol. 37, no. 2, pp. 367-378, 2021. [Online]. Available: https://intapi.sciendo.com/pdf/10.21307/aoj-2021.043.

[17] S. Ajami, M. Ebrahimi Nezhad, F. Bahraini, N. Nadjmi, and M. Zeraatkar, "Impact of Multidisciplinary Cleft Team Care on Oral Health Quality of Life in Children With Unilateral Cleft Lip and Palate: A Focus on Early Intervention vs. Sporadic Treatment," *International Journal of Dentistry,* vol. 2025, no. 1, pp. 1-8, 2025. [Online]. Available: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/ijod/1642111.

[18] P. Hlongwa and L. C. Rispel, "Interprofessional collaboration among health professionals in cleft lip and palate treatment and care in the public health sector of South Africa," *Human resources for health,* vol. 19, no. 25, pp. 1-9, 2021. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s12960-021-00566-3.

[19] N. M. Stock, F. Zucchelli, V. Hammond, N. Hudson, and D. Sell, "Facilitators and barriers to delivering an optimal specialist service: an example from cleft lip and/or palate care," *British Journal of Healthcare Management,* vol. 28, no. 8, pp. 1-10, 2022. [Online]. Available: https://www.magonlinelibrary.com/doi/abs/10.12968/bjhc.2021.0051.

[20] A. B. Mink van der Molen *et al.*, "Clinical practice guidelines on the treatment of patients with cleft lip, alveolus, and palate: An executive summary," *Journal of clinical medicine,* vol. 10, no. 21, p. 4813, 2021. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2077-0383/10/21/4813.

[21] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[22] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[23] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[24] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[25] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[26] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[27] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 20, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Estrategias para reducir la mortalidad fetal en embarazos adolescentes

Strategies to reduce fetal mortality in adolescent pregnancies

Monica Gabriela Chachalo Sandoval [1], Yesenia Mishell Revelo Requena[2], Scarleth Samantha Congo Méndez [3], and Monica Priscila Pazmiño Imbaquingo [4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. monicacs48@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. di.yeseniamrr16@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. scarlethcm62@unindes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. monicapi97@uniandes.edu.ec

Resumen. El estudio tuvo como objetivo evaluar y priorizar estrategias para reducir la mortalidad fetal en embarazos adolescentes en Ecuador, utilizando un enfoque innovador que combinó métodos de decisión multicriterio y lógica neutrosófica. Se analizaron datos secundarios de fuentes oficiales, correspondientes al período 2019-2022. La lógica neutrosófica permitió manejar la incertidumbre y la vaguedad presentes en los datos, mientras que el método TOPSIS facilitó la priorización de estrategias bajo criterios de evaluación. Los resultados mostraron que el fortalecimiento de programas de educación sexual integral fue la estrategia más efectiva, con un coeficiente de proximidad superior, destacando su adaptabilidad a contextos socioculturales diversos. Otras intervenciones, mostraron potencial, pero enfrentaron limitaciones en su viabilidad técnica y sostenibilidad. La aplicación de la lógica neutrosófica permitió integrar diferentes variables, ofreciendo una evaluación más completa y realista de las estrategias. El estudio demostró la utilidad de los métodos multicriterio y la lógica neutrosófica para abordar problemas complejos en salud pública, donde la información es incompleta o contradictoria. Estos enfoques no solo permitieron priorizar intervenciones de manera sistemática, sino también identificar áreas de mejora y oportunidades para futuras investigaciones. Los hallazgos aportaron un marco metodológico robusto para la toma de decisiones en contextos dinámicos, contribuyendo al diseño de políticas públicas más efectivas y adaptadas a las necesidades de poblaciones vulnerables.

Palabras Claves: lógica neutrosófica, métodos multicriterio, mortalidad fetal, embarazo adolescente, TOPSIS, salud pública, Ecuador

Abstract. The study aimed to evaluate and prioritize strategies to reduce fetal mortality in adolescent pregnancies in Ecuador, using an innovative approach that combined multi-criteria decision-making methods and neutrosophic logic. Secondary data from official sources corresponding to the period 2019-2022 were analyzed. Neutrosophic logic allowed for the management of uncertainty and vagueness present in the data, while the TOPSIS method facilitated the prioritization of strategies based on evaluation criteria. The results showed that strengthening comprehensive sexual education programs was the most effective strategy, with a higher proximity coefficient, highlighting its adaptability to diverse sociocultural contexts. Other interventions showed potential but faced limitations in their technical feasibility and sustainability. The application of neutrosophic logic enabled the integration of different variables, providing a more comprehensive and realistic evaluation of the strategies. The study demonstrated the usefulness of multi-criteria methods and neutrosophic logic in addressing complex public health problems, where information is incomplete or contradictory. These approaches not only allowed for the systematic prioritization of interventions but also identified areas for improvement and opportunities for future research. The findings provided a robust methodological framework for decision-making in dynamic contexts, contributing to the design of more effective and adaptive public policies tailored to the needs of vulnerable populations.

Keywords: neutrosophic logic, multi-criteria methods, fetal mortality, adolescent pregnancy, TOPSIS, public health, Ecuador

1 Introducción

La mortalidad fetal, definida como la muerte intrauterina ocurrida después de las 20 semanas de gestación o con un peso fetal superior a 500 gramos, representa uno de los desafíos más críticos en salud pública a nivel global

[1]. Según estimaciones recientes, de los 7.6 millones de muertes perinatales anuales, el 57% corresponde a casos de mortalidad fetal, lo que equivale a más de dos millones de fetos nacidos sin vida cada año, o un fallecimiento cada 16 segundos.[2,13] Esta problemática adquiere dimensiones alarmantes en países de ingresos bajos y medios, donde se concentra el 84% de estos decesos, como en Ecuador, un país con marcadas desigualdades en acceso a servicios de salud materna.[3]

A esta realidad se suma el embarazo adolescente, fenómeno que afecta a niñas entre 10 y 19 años, grupo en el que anualmente se registran 16 millones de casos a nivel global, con una tasa de 66.5 nacimientos por cada 1,000 adolescentes en Latinoamérica [4]. La convergencia de ambos factores —mortalidad fetal y embarazo adolescente— configura un escenario de alta vulnerabilidad biológica y social, donde las complicaciones obstétricas, como la preeclampsia, el parto pretérmino y las infecciones intrauterinas, se exacerban debido a la inmadurez fisiológica de las gestantes, incrementando el riesgo de desenlaces fatales.[5]

Además de las consecuencias emocionales y psicológicas para las familias, la mortalidad fetal en adolescentes perpetúa ciclos de pobreza y desigualdad de género, limitando el desarrollo educativo y económico de las jóvenes [6,14]. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha destacado que, pese a los avances en atención prenatal, las estrategias actuales no han logrado reducir significativamente estas cifras, particularmente en contextos con sistemas sanitarios fragmentados y escasos recursos. La complejidad del problema demanda enfoques innovadores que integren variables diversas, así como la gestión de incertidumbres inherentes a sistemas sanitarios con datos incompletos o contradictorios.

La toma de decisiones en salud pública, especialmente en escenarios con alta indeterminación, ha recurrido tradicionalmente a herramientas como la lógica difusa, que permite manejar grados de certeza parcial en las variables de estudio [7]. Sin embargo, estos modelos suelen enfrentar limitaciones al operar en contextos donde coexisten contradicciones, información ambigua o múltiples fuentes de incertidumbre simultáneas. Recientemente, la lógica neutrosófica ha emergido como un marco teórico prometedor, al extender la lógica difusa incorporando un tercer componente —la indeterminación (I)—, lo que permite modelar sistemas donde T (verdad), F (falsedad) e I no son excluyentes, sino que coexisten en grados variables [8,15]. Esta capacidad resulta crucial para priorizar intervenciones en entornos con datos fragmentados.

La integración de métodos de toma de decisiones multicriterio con lógica neutrosófica ha demostrado potencial en áreas afines. Estudios recientes, han aplicado modelos neutrosóficos para evaluar políticas sanitarias en regiones con alta disparidad socioeconómica, logrando incorporar variables subjetivas junto a datos clínicos objetivos [9]. La mortalidad fetal en adolescentes no solo refleja fallas en los sistemas de salud, sino también inequidades estructurales que requieren soluciones transdisciplinarias. Al fusionar lógica neutrosófica con métodos de decisión, se propone un modelo adaptable a realidades heterogéneas, capaz de procesar información incompleta y conflictiva, común en países con recursos limitados. Socialmente, esto podría traducirse en políticas más inclusivas que consideren tanto aspectos médicos como culturales, mientras que, científicamente, aportaría un marco metodológico replicable para otros problemas de salud pública con alta complejidad e indeterminación.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar y priorizar estrategias para reducir la mortalidad fetal en embarazos adolescentes mediante un enfoque neutrosófico que integre criterios clínicos, sociales y operativos. Para ello, se identificarán variables críticas asociadas al fenómeno y se analizarán intervenciones existentes bajo parámetros de certeza e indeterminación.

2. Antecedentes y fundamentos de la neutrosofía

Definición 1[9]. Sea X un universo de discurso. Un Conjunto Neutrosófico (CN) está caracterizado por tres funciones de pertenencia, $u_A(x), r_A(x), v_A(x): X \rightarrow]^{-}0,1^{+}[$, que satisfacen la condición $-0 \leq inf u_A(x) + inf r_A(x) + inf v_A(x)\ sup\ u_A(x) + sup\ \ r_A(x) + \sup v_A(x) \leq 3^{+}$ para todo $x \in X$. $u_A(x), r_A(x)\ y\ v_A(x)$ denotan las funciones de pertenencia a verdadero, indeterminado y falso de x en A, respectivamente, y sus imágenes son subconjuntos estándares o no estándares de $]^{-}0,1^{+}[$. [10]

Definición 2. Sea X un universo de discurso. Un Conjunto Neutrosófico de Valor Único (CNVU) A sobre X es un objeto de la forma:

$$A = \{\langle x, u_A(x), r_A(x), v_A(x)\rangle : x \in X\} \quad (1)$$

Donde $u_A, r_A, v_A: X \rightarrow [0,1]$, satisfacen la condición $0 \leq u_A(x), r_A(x), v_A(x) \leq 3\ \ 0$ para todo $x \in X$. $u_A(x), r_A(x)\ y\ v_A(x)$ denotan las funciones de pertenencia a verdadero, indeterminado y falso de x en A, respectivamente. Por cuestiones de conveniencia un Número Neutrosófico de Valor Único (NNVU) será expresado como A = (a, b, c), donde a, b, c ∈ [0,1] y satisface $0 \leq a + b + c \leq 3$.

Los CNVU surgieron con la idea de aplicar los conjuntos neutrosóficos con fines prácticos. Algunas operaciones entre NNVU se expresan a continuación:

1. Dados $A_1 = (a_1, b_1, c_1)$ y $A_2 = (a_2, b_2, c_2)$ dos NNVU se tiene que la suma entre A_1 y A_2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1 + a_2 - a_1a_2, b_1b_2, c_1c_2) \quad (2)$$

2. Dados A1 = (a1, b1, c1) y A2 = (a2, b2, c2) dos NNVU se tiene que la multiplicación entre A1 y A2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1a_2, b_1{+}b_2 - b_1b_2, c_1 + c_2 - c_1c_2) \quad (3)$$

3. El producto por un escalar positivo con un NNVU, A = (a, b, c) se define por:

$$A = (1 - (1 - a), b, c) \quad (4)$$

4. Sea $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ un conjunto de n NNVU, donde $A_j = (a_j, b_j, c_j)$ (j = 1, 2, …, n), entonces el Operador de *Media Ponderada Neutrosófica de Valor Único* (MPNVU) sobre el conjunto se calcula por la Ecuación siguiente:

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j A_j = \left(1 - \prod_{j=1}^{n} (1 - a_j)^{\lambda_j}, \prod_{j=1}^{n} {b_j}^{\lambda_j}, \prod_{j=1}^{n} {c_j}^{\lambda_j}, \right) \quad (5)$$

Donde λ_j es el peso de Aj, $\lambda_j \in [0, 1]$ y $\sum_{j=1}^{n} = 1$.

Definición 3. Sea $A^* = (A_1^*, A_2^*, \dots, A_n^*)$ un vector de n NNVU tal que $A_j^* = (a_1^*, b_2^*, c_j^*)(j = 1,2, \dots, n)$ y $B_i = (B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im})(i = 1,2, \dots, m)$ son m vectores de n NNVU tales que $B_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ (i = 1, 2, …,m)(j = 1, 2, …, n). Entonces la Medida de Separación entre los B_i y A^* se calcula por la Ecuación siguiente:

$$s_i = \left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^{n} \left\{ \left(a_{ij} - a_j^*\right)^2 + \left(b_{ij} - b_j^*\right)^2 + \left(c_{ij} - c_j^*\right)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Donde i=(1,2,...,m)

Definición 4. Sea A = (a, b, c) un NNVU, la función de puntuación S de un NNVU, basada en el grado de pertenencia verdadero, el grado de pertenencia indeterminado y el grado de pertenencia falso se define por la Ecuación siguiente:

$$S(A) = \frac{1 + a - 2b - c}{2} \quad (7)$$

Donde S(A)∈[-1, 1]

En este artículo se asociarán términos lingüísticos con NNVU, de tal manera que los expertos puedan llevar a cabo sus evaluaciones en términos lingüísticos, lo que resulta más natural. Por tanto, se tendrán en cuenta las escalas que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Términos lingüísticos empleados

Término lingüístico	**NNVU**
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)

Fuente: [11]

2.1. Método TOPSIS para SVNS [12]

Suponiendo que $A = \{\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_m\}$ es un conjunto de alternativas y $G = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n\}$ es un conjunto de criterios, se llevarán a cabo los pasos siguientes:

Paso 1: Determinar la importancia relativa de los expertos. Para ello los especialistas evalúan según la escala lingüística que aparece en la Tabla 1, y se realizan los cálculos con su NNVU asociado, llámese $A_t = (a_t, b_t, c_t)$ al SVNS correspondiente al t-ésimo decisor (t = 1, 2,…, k). El peso se calcula por la fórmula siguiente:

$$\delta_t = \frac{a_t + b_t\left(\frac{a_t}{a_t + c_t}\right)}{\sum_{t=1}^{k} a_t + b_t\left(\frac{a_t}{a_t + c_t}\right)} \tag{8}$$

$$\delta_t \geq 0 \; and \; \sum_{t=1}^{k} \delta_t = 1$$

Paso 2: Construcción de la matriz de decisión neutrosófica de valores únicos agregados. Esta matriz se define por $D = \sum_{t=1}^{k} \lambda_t D^t$, donde $d_{ij} = (u_{ij}, r_{ij}, v_{ij})$ y se utiliza para agregar todas las evaluaciones individuales. d_{ij} se calcula como la agregación de las evaluaciones dadas por cada experto $(u_{ij}^t, r_{ij}^t, v_{ij}^t)$, utilizando los pesos λ_t de cada uno con ayuda de la Ecuación 5. De esta manera se obtiene una matriz $D = (d_{ij})_{ij}$, donde cada d_{ij} es un NNVU (i = 1,2,.., m; j = 1,2,…, n).

Paso 3: Determinación del Peso de los Criterios. Supóngase que el peso de cada criterio está dado por $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, donde w_j denota la importancia relativa al criterio $\lambda_t w_j^t = (a_j^t, b_j^t, c_j^t)$. Si es la evaluación del criterio λ_t por el t-ésimo experto. Entonces se utiliza la Ecuación 5, para agregar los w_j^t con los pesos λ_t.

Paso 4: Construcción de la matriz de decisión neutrosófica de la media ponderada de valores únicos con respecto a los criterios.

$$D^* = D * W, \tag{9}$$

$$donde \; d_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$$

Paso 5: Cálculo de las soluciones ideales NNVU positiva y negativa. Los criterios pueden ser clasificados como de tipo costo o tipo beneficio. Sea G_1 el conjunto de criterios tipo beneficios y G_2 los criterios tipo costo. Las alternativas ideales se definirán de la siguiente forma:

La solución ideal positiva, correspondientes a G_1.

$$\rho^+ = a_{\rho+w}(\beta_j), b_{\rho+w}(\beta_j), ac_{\rho+w}(\beta_j) \tag{10}$$

La solución ideal negativa, correspondientes a G_2.

$$\rho^- = (a_{\rho-w}(\beta_j), b_{\rho-w}(\beta_j), ac_{\rho-w}(\beta_j)) \tag{11}$$

Donde:

$$a_{\rho+w}(\beta_j) = \begin{cases} max_i a_{\rho iw}(\beta_j), si \; j \epsilon G_1 \\ min_i a_{\rho iw}(\beta_j), si \; j \epsilon G_2, \end{cases} \qquad a_{\rho-w}(\beta_j) = \begin{cases} min_i a_{\rho iw}(\beta_j), si \; j \epsilon G_1 \\ max_i a_{\rho iw}(\beta_j), si \; j \epsilon G_2, \end{cases}$$

$$b_{\rho+w}(\beta_j) = \begin{cases} max_i b_{\rho iw}(\beta_j), si \; j \epsilon G_1 \\ min_i b_{\rho iw}(\beta_j), si \; j \epsilon G_2, \end{cases} \qquad b_{\rho-w}(\beta_j) = \begin{cases} min_i b_{\rho iw}(\beta_j), si \; j \epsilon G_1 \\ max_i b_{\rho iw}(\beta_j), si \; j \epsilon G_2, \end{cases}$$

$$c_{\rho+w}(\beta_j) = \begin{cases} max_i c_{\rho iw}(\beta_j), si \; j \epsilon G_1 \\ min_i c_{\rho iw}(\beta_j), si \; j \epsilon G_2, \end{cases} \qquad c_{\rho-w}(\beta_j) = \begin{cases} min_i c_{\rho iw}(\beta_j), si \; j \epsilon G_1 \\ max_i c_{\rho iw}(\beta_j), si \; j \epsilon G_2, \end{cases}$$

Paso 6: Cálculo de las distancias a las soluciones ideales NNVU positiva y negativa. Con ayuda de la Ecuación 6, se calculan las ecuaciones siguientes:

$$d_i^+ = \left(\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}\left\{\left(a_{ij} - a_j^+\right)^2 + \left(b_{ij} - b_j^+\right)^2 + \left(c_{ij} - c_j^+\right)^2\right\}\right)^{\frac{1}{2}} \tag{12}$$

$$d_i^- = \left(\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}\left\{\left(a_{ij} - a_j^-\right)^2 + \left(b_{ij} - b_j^-\right)^2 + \left(c_{ij} - c_j^-\right)^2\right\}\right)^{\frac{1}{2}} \tag{13}$$

Paso 7: Cálculo del Coeficiente de Proximidad (CP). Se calcula el CP de cada alternativa respecto a las soluciones ideales positiva y negativa.

$$\widetilde{\rho_J} = \frac{s^-}{s^+ + s^-} \quad (14)$$

Donde $0 \leq \widetilde{\rho_J} \leq 1$.

Paso 8: Determinación del orden de las alternativas. Se ordenan acorde a lo alcanzado por $\widetilde{\rho_J}$. Las alternativas están ordenadas de mayor a menor, con la condición de que $\widetilde{\rho_J} \to 1$ sea la solución óptima.

3. Resultados

Se realizó un estudio observacional, retrospectivo y descriptivo mediante la revisión y análisis de datos secundarios. La población de estudio a partir de los análisis de datos utilizados, estuvo conformada por adolescentes embarazadas de 10 a 19 años del Ecuador en el año 2019 hasta el 2022. Como fuente de información se utilizaron los datos del Fondo de la Población de las Naciones Unidas, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Registro Estadístico de Nacidos Vivos y Defunciones fetales del Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Estos informes contienen información recopilada a nivel nacional sobre la monitorización de muertes fetales y el embarazo adolescente.

El análisis de los datos reveló que, durante el período analizado, se registraron 191.205 embarazos en adolescentes de 10 a 19 años, con un máximo de 52.121 casos en 2019 y una disminución gradual hasta 41.794 en 2022. Esta reducción interanual del 27.3% al 21.8% en la proporción de embarazos adolescentes respecto al total nacional coincidió con un descenso paralelo en las muertes fetales, que pasaron de 6.420 casos en 2019 a 1.786 en 2022. Sin embargo, la tasa de mortalidad fetal mostró una variabilidad notable: mientras en 2019 alcanzó el 16.04%, en 2022 se redujo al 3.9%, correlacionándose inversamente con el aumento de nacidos vivos, que llegó a 46.994 en 2021. Ver Tabla 2.

Desde una perspectiva sociodemográfica, el grupo etario más afectado fue el de 19 años, con 52.917 casos (27.7% del total). A nivel educativo, el 56.73% de las gestantes solo completó la educación básica, y menos del 1% alcanzó estudios superiores. Geográficamente, la región Costa concentró el 48% de los embarazos, destacándose la provincia del Guayas con 4.985 casos, seguida de Pichincha (1.606) y Sucumbíos (936). Además, el 69.83% de las adolescentes residían en áreas urbanas, aunque las muertes fetales fueron proporcionalmente más altas en zonas rurales, donde el acceso a servicios de salud es limitado.

Respecto a las complicaciones obstétricas, los trastornos hipertensivos emergieron como la principal causa de mortalidad fetal (47.7%), seguidos de anemia (19.7%) y hemorragia (15.7%). Estos factores mostraron una distribución heterogénea según la edad gestacional: el 37.5% de las muertes ocurrieron en pretérmino extremo (20-27.6 semanas), y el 23.5% en embarazos a término (>37 semanas). La semana 24 de gestación registró la mayor incidencia de decesos (979 casos), sugiriendo vulnerabilidades críticas durante el segundo trimestre.

Tabla 2: Relación entre embarazos adolescentes y tasa de mortalidad fetal (2019-2022).

Año	Embarazos adolescentes	Tasa mortalidad fetal (%)
2019	52.121	16.04
2020	51.810	11.6
2021	45.480	8.83
2022	41.794	3.9

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

La reducción en las tasas de mortalidad fetal, aunque alentadora, enmascara disparidades regionales y estructurales. Por ejemplo, en la región Costa, donde se registró el 48% de los embarazos, ocurrieron el 52.3% de las muertes fetales, asociadas a barreras en el acceso a controles prenatales especializados. Por el contrario, en la Amazonía, pese a una menor carga absoluta de casos (3.00 muertes fetales), la escasez de infraestructura sanitaria exacerbó las complicaciones prevenibles, como la anemia y la retención de placenta.

Estos hallazgos subrayaron dos desafíos interconectados: primero, la necesidad de intervenciones diferenciadas según el contexto geográfico y sociocultural; segundo, la urgencia de abordar las complicaciones médicas prevenibles. En tal sentido, se propuso un grupo de estrategias comunitarias enfocadas en abordar de manera integral los factores que contribuyen a la mortalidad fetal en embarazos adolescentes. Preliminarmente se proponen las estrategias siguientes:

1. Fortalecimiento de programas de educación sexual integral en escuelas y comunidades, con enfoque en regiones de alta prevalencia (Costa, Guayas).
2. Implementación de protocolos estandarizados para detección temprana de trastornos hipertensivos en el primer trimestre, con capacitación a personal médico y equipamiento básico en centros de salud.

3. Distribución gratuita de suplementos nutricionales (hierro, ácido fólico) en adolescentes embarazadas, priorizando zonas rurales y áreas con altas tasas de anemia.
4. Expansión de servicios de telemedicina prenatal en la Amazonía y regiones con acceso limitado a especialistas.
5. Creación de redes comunitarias de apoyo para seguimiento de embarazos en áreas urbanas marginadas, integrando líderes locales y trabajadores de salud.

Estas estrategias serán evaluadas y priorizadas mediante el método TOPSIS, considerando cuatro criterios: costo-efectividad (CE), que mide la relación entre el impacto esperado y los recursos económicos necesarios; el impacto poblacional (IP), que estima el número de adolescentes beneficiadas directa o indirectamente, basado en la distribución geográfica de los casos; la reducción de mortalidad fetal (RMF), que evalúa el potencial para disminuir decesos según complicaciones obstétricas prioritarias; y la sostenibilidad temporal (ST) que considera la durabilidad de la estrategia a mediano plazo (3-5 años); y la aceptación cultural (AC), que valora la adaptación de las estrategias a las normas y prácticas locales, asegurando su adopción y efectividad en contextos diversos.

El análisis se realizó con un panel de cinco expertos, a quienes se les asignó el mismo nivel de importancia en la evaluación. Cada experto evaluó las estrategias propuestas en función de los criterios previamente definidos. A partir de estas evaluaciones, se construyó la matriz de decisiones, la cual sirvió como base para aplicar el método TOPSIS. En la Tabla 3 se presenta la matriz inicial, que refleja el promedio de las evaluaciones obtenidas de los expertos.

Tabla 3: Matriz de decisión inicial.

Alternativas	CE	IP	RMF	ST	AC
Estrategia 1	(0.306,0.778,0.819)	(0.9,0.1,0.1)	(0.81,0.19,0.19)	(0.856,0.144,0.132)	(0.9,0.1,0.1)
Estrategia 2	(0.834,0.166,0.158)	(0.801,0.199,0.182)	(0.856,0.144,0.132)	(0.827,0.173,0.152)	(0.75,0.25,0.2)
Estrategia 3	(0.827,0.173,0.152)	(0.761,0.239,0.209)	(0.761,0.239,0.209)	(0.856,0.144,0.132)	(0.827,0.173,0.152)
Estrategia 4	(0.67,0.33,0.289)	(0.685,0.315,0.302)	(0.801,0.199,0.182)	(0.75,0.25,0.2)	(0.827,0.173,0.152)
Estrategia 5	(0.827,0.173,0.152)	(0.761,0.298,0.21)	(0.75,0.25,0.2)	(0.856,0.144,0.132)	(0.856,0.144,0.132)

Fuente: Elaboración propia

Cada criterio de evaluación fue evaluado para determinar el peso de importancia relativa con respecto a los demás criterios. Para ello se emplearon los términos lingüísticos mostrados en la tabla 1. El vector de pesos de los criterios se muestra en la tabla 5.

Tabla 5: Vector de pesos de los criterios evaluados.

Criterio	Peso del criterio
CE	(0.88;0.12;0.115)
IP	(0.713;0.287;0.24)
RMF	(0.856;0.144;0.132)
ST	(0.67;0.33;0.289)
AC	(0.621;0.379;0.347)

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos, fue posible elaborar la matriz ponderada de decisión agregada, la cual se presenta en la Tabla 6. Esta matriz integra las evaluaciones de los expertos, considerando los pesos asignados a cada criterio, y representa un paso fundamental en la aplicación del método para priorizar las estrategias de manera sistemática y basada en evidencia.

Tabla 6: Matriz ponderada de decisión agregada.

Alternativas	CE	IP	RMF	ST	AC
Estrategia 1	(0.269;0.805;0.84)	(0.642;0.358;0.316)	(0.693;0.307;0.297)	(0.574;0.426;0.383)	(0.559;0.441;0.412)

Alternativas	CE	IP	RMF	ST	AC
Estrategia 2	(0.734;0.266;0.255)	(0.571;0.429;0.378)	(0.733;0.267;0.247)	(0.554;0.446;0.397)	(0.466;0.534;0.478)
Estrategia 3	(0.728;0.272;0.25)	(0.543;0.457;0.399)	(0.651;0.349;0.313)	(0.574;0.426;0.383)	(0.514;0.486;0.446)
Estrategia 4	(0.59;0.41;0.371)	(0.488;0.512;0.47)	(0.686;0.314;0.29)	(0.503;0.498;0.431)	(0.514;0.486;0.446)
Estrategia 5	(0.728;0.272;0.25)	(0.543;0.499;0.4)	(0.642;0.358;0.306)	(0.574;0.426;0.383)	(0.532;0.468;0.433)

Fuente: Elaboración propia

Estos datos permitieron obtener los valores ideales positivos y negativos para cada criterio, un paso esencial en el método. Con estos valores, se calcularon las distancias ideales, tanto hacia la solución ideal positiva como hacia la solución ideal negativa, lo que facilitó la determinación del coeficiente de proximidad para cada estrategia. La Tabla 7 presenta las distancias a los valores ideales positivo y negativo, así como los coeficientes de proximidad calculados, los cuales permiten establecer un ranking de priorización de las estrategias evaluadas.

Tabla 7: Distancias a los valores ideales y coeficientes de proximidad calculados.

Estrategias	d+	d-	CP
Fortalecimiento de programas de educación sexual integral en escuelas y comunidades, con enfoque en regiones de alta prevalencia	0.29	0.62	0.68
Implementación de protocolos estandarizados para detección temprana de trastornos hipertensivos en el primer trimestre, con capacitación a personal médico y equipamiento básico en centros de salud.	0.63	0.31	0.33
Distribución gratuita de suplementos nutricionales en adolescentes embarazadas, priorizando zonas rurales y áreas con altas tasas de anemia.	0.62	0.29	0.32
Expansión de servicios de telemedicina prenatal en la Amazonía y regiones con acceso limitado a especialistas.	0.53	0.31	0.37
Creación de redes comunitarias de apoyo para seguimiento de embarazos en áreas urbanas marginadas, integrando líderes locales y trabajadores de salud.	0.62	0.28	0.31

Fuente: Elaboración propia

La aplicación del método permitió obtener resultados claros y diferenciados sobre la priorización de las estrategias propuestas para reducir la mortalidad fetal. El análisis realizado reveló que la estrategia con mayor preferencia, de acuerdo al análisis de los expertos, fue el fortalecimiento de programas de educación sexual integral en escuelas y comunidades. Esto indicó su cercanía relativa a la solución ideal positiva y su potencial para generar un impacto significativo en regiones de alta prevalencia. Esta estrategia no solo mostró una distancia considerablemente menor hacia el ideal positivo, sino también una mayor lejanía del ideal negativo, destacando su eficacia en términos de costo-efectividad, aceptación cultural y reducción de mortalidad fetal.

Por otro lado, la expansión de servicios de telemedicina prenatal resulto la segunda opción más deseable, de acuerdo a los análisis realizados. Esta opción destacó por su adaptabilidad en zonas de difícil acceso, sin embargo, enfrentó desafíos en términos de infraestructura y conectividad.

La implementación de protocolos estandarizados para la detección temprana de trastornos hipertensivos y la distribución gratuita de suplementos nutricionales, por su parte, presentaron coeficientes de proximidad más bajos. Aunque ambas estrategias mostraron un enfoque prometedor en la atención médica directa, los datos indicaron limitaciones en su viabilidad técnica y sostenibilidad temporal, especialmente en regiones con recursos limitados.

Finalmente, la creación de redes comunitarias de apoyo obtuvo los resultados más bajos. Las redes comunitarias, aunque bien valoradas en términos de aceptación cultural, mostraron una menor capacidad para reducir la mortalidad fetal de manera directa.

Estos resultados evidenciaron que las estrategias con mayor impacto fueron aquellas que combinaron prevención primaria, educación y participación comunitaria. El fortalecimiento de programas de educación sexual emer-

gió como la opción más robusta, alineándose con los criterios de costo-efectividad, impacto poblacional y sostenibilidad. Estos resultados subrayan la importancia de abordar el problema desde un enfoque íntegro, priorizando intervenciones que no solo mitiguen las complicaciones médicas, sino que también empoderen a las comunidades para prevenir futuros embarazos adolescentes de alto riesgo.

4. Discusión

La aplicación de la lógica neutrosófica en combinación con métodos de decisión multicriterio demostró ser una herramienta poderosa para abordar problemas complejos y multifacéticos, como el abordado en este estudio. El enfoque utilizado permitió manejar de manera efectiva la incertidumbre, la vaguedad y las contradicciones inherentes a los datos y contextos analizados, ofreciendo una visión integradora y realista del problema. La capacidad de la lógica neutrosófica para trabajar con grados de verdad, falsedad e indeterminación de manera independiente resultó clave para modelar escenarios donde la información no siempre es precisa o completa, tal y como ocurre en los sistemas de salud. [16,17]

Los resultados obtenidos reflejaron que las estrategias con mayor impacto fueron aquellas que combinaron intervenciones preventivas y educativas. Esta estrategia no solo mostró un alto coeficiente de proximidad (CP = 0.68), sino que también destacó por su adaptabilidad a diferentes contextos geográficos y culturales. EL empleo de la lógica neutrosófica en este estudio permitió capturar la variabilidad en la aceptación cultural y la viabilidad técnica, factores que tradicionalmente son difíciles de cuantificar en modelos convencionales. Esto subrayó la importancia de considerar no solo los aspectos médicos, sino también los sociales y culturales, en el diseño de políticas públicas.

Por otro lado, estrategias más enfocadas en la atención médica directa, aunque necesarias, presentaron limitaciones en términos de sostenibilidad y alcance. Estas intervenciones, si bien abordaban complicaciones obstétricas específicas, mostraron una mayor distancia a los valores ideales positivos, lo que sugirió que su efectividad dependía en gran medida de la disponibilidad de recursos y de la capacidad de los sistemas de salud para implementarlas de manera consistente. En tal sentido, mediante el uso de la lógica neutrosófica se pudo identificar y ponderar estas limitaciones, ofreciendo una evaluación más matizada que en los métodos tradicionales. [18,19]

En conjunto, los resultados evidenciaron que el empleo de la neutrosofía en este estudio ofreció una perspectiva más completa y realista para la toma de decisiones en el ámbito estudiado. Este enfoque no solo permitió priorizar estrategias con base en su impacto potencial, sino también identificar las limitaciones y oportunidades de cada intervención en función de los contextos específicos. Asimismo, destacó la importancia de adoptar un enfoque integrador que combine prevención, educación y atención médica, reconociendo que las soluciones más efectivas son aquellas que abordan el problema desde múltiples ángulos.

5. Conclusión

El estudio permitió evaluar y priorizar estrategias para reducir la mortalidad fetal en embarazos adolescentes en Ecuador, utilizando un enfoque basado en métodos de decisión multicriterio y lógica neutrosófica. La aplicación del método TOPSIS en su versión neutrosófica facilitó el manejo de la incertidumbre y la vaguedad presentes en los datos, lo que permitió una evaluación más precisa y adaptativa de las estrategias propuestas. Este enfoque no solo consideró criterios cuantitativos, como la costo-efectividad y el impacto poblacional, sino también aspectos cualitativos, como la aceptación cultural y la sostenibilidad, lo que enriqueció el análisis y la toma de decisiones.

Los resultados evidenciaron que el fortalecimiento de programas de educación sexual integral en escuelas y comunidades fue la estrategia más efectiva, al mostrar un alto coeficiente de proximidad (CP = 0.68) y un impacto significativo en regiones de alta prevalencia. Esta estrategia destacó por su capacidad para abordar el problema desde la prevención primaria, combinando educación, participación comunitaria y adaptabilidad a contextos socioculturales diversos. Por otro lado, intervenciones más focalizadas en la atención médica, como la detección temprana de trastornos hipertensivos y la distribución de suplementos nutricionales, mostraron limitaciones en su viabilidad técnica y sostenibilidad, especialmente en zonas con recursos limitados.

El estudio demostró la utilidad de la lógica neutrosófica y los métodos multicriterio para abordar problemas complejos en salud pública, donde la información suele ser incompleta o contradictoria. Este enfoque no solo permitió priorizar estrategias de manera sistemática, sino también identificar áreas de mejora y oportunidades para futuras investigaciones. En conjunto, los hallazgos aportaron un marco metodológico completo para la toma de decisiones en contextos dinámicos y multifacéticos, contribuyendo al diseño de políticas públicas más efectivas y adaptadas a las necesidades de poblaciones vulnerables.

Referencias

[1] J. S. Calle-Munzón, I. C. Mesa-Cano, A. A. Ramírez-Coronel, and E. G. Moyano-Brito, "Factores de riesgo de mortalidad neonatal: revisión sistemática," *Pro Sci. Rev. Prod. Ciencias E Investig.*, vol. 5, no. 40, pp. 312–329, 2021, [Online]. Available: https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol5iss40.2021pp312-329.

[2] M. V. García, M. A. Cuberos, and M. Á. Vera, "Mortalidad fetal en madres adolescentes y adultas, un problema de salud pública," *Salud Cienc.*, vol. 23, no. 5, pp. 1–10, 2019, [Online]. Available: https://www.dx.doi.org/10.21840/siic/159548.

[3] M. J. A. Álvarez *et al.*, "La salud materna como indicador de las desigualdades sanitarias en el Ecuador," *RECIAMUC*, vol. 8, no. 1, pp. 658–669, 2024, [Online]. Available: https://doi.org/10.26820/reciamuc/8.(1).ene.2024.658-669.

[4] M. C. V. Zambrano and S. P. U. Saltos, "Educación sexual integral para la prevención del embarazo adolescente en el Centro de Salud San Bartolo," *Rev. Investig. y Educ. en Salud*, vol. 2, no. 2, pp. 95–107, 2023, [Online]. Available: https://doi.org/10.47230/unesum-salud.v2.n2.2023.95-107.

[5] E. G. S. Namicela, W. B. C. Bereche, and P. A. V. Rentería, "Complicaciones obstétricas en adolescentes primigestas con infección de vías urinarias," *Rev. Conecta Lib. ISSN 2661-6904*, vol. 5, no. 2, pp. 62–71, 2021, [Online]. Available: https://revistaitsl.itslibertad.edu.ec/index.php/ITSL/article/view/241.

[6] E. Martinez, G. Montero, and R. Zambrano, "El embarazo adolescente como un problema de salud pública en Latinoamérica," *Rev. Espac.*, vol. 41, no. 47, pp. 1–10, 2020, [Online]. Available: http://sistemasblandosxd.revistaespacios.com/a20v41n47/a20v41n47p01.pdf.

[7] N. Radwan, M. B. Senousy, and M. Alaa El Din, "Neutrosophic logic approach for evaluating learning management systems," *Neutrosophic Sets Syst.*, vol. 3, pp. 3–7, 2016, [Online]. Available: https://books.google.com.cu/books?hl=es&lr=&id=KrIvDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=neutrosophic+and+fuzzy+systems&ots=5IK3DJTlF4&sig=Ws1146UzDF3lm02XJoX-DkMK9NM&redir_esc=y#v=onepage&q=neutrosophic and fuzzy systems&f=false.

[8] M. M. Leonor, G. S. Easud, and P. P. Fernando, "Indeterminate Likert Scale in Social Sciences Research.," *Int. J. Neutrosophic Sci.*, vol. 19, no. 1, pp. 289–291, 2022, [Online]. Available: https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=26926148&AN=160338894&h=VJatJhhFkX5VABp9J3uVm%2FP6FuTIQbuyROGDTYnE8E1Wbf5ssiS8Hw2g4s9ca7qEd0bygQUe97ZaOV9HYqn%2Beg%3D%3D&crl=c.

[9] M. V. A. Hidalgo, C. E. P. Hernández, and O. M. A. Pico, "Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de factores de riesgo que desencadenan desnutrición en niños," *Neutrosophic Comput. Mach. Learn. ISSN 2574-1101*, vol. 23, pp. 219–226, 2022, [Online]. Available: http://fs.unm.edu/NCML2/index.php/112/article/view/260.

[10] R. G. Ortega, M. L. Vázquez, J. A. S. Figueiredo, and A. Guijarro-Rodriguez, "Sinos river basin social-environmental prospective assessment of water quality management using fuzzy cognitive maps and neutrosophic AHP-TOPSIS," *Neutrosophic Sets Syst.*, vol. 23, pp. 160–171, 2018, [Online]. Available: https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=K-eaDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA160&dq=Sinos+river+basin+social-environmental+prospective+assessment+of+water+quality+management+using+fuzzy+cognitive+maps+and+neutrosophic+AHP-TOPSIS&ots=kL9W-PENQ0&sig=tt729LCjG3Zlo1y0eqr_zF3ZNTE#v=onepage&q=Sinos river basin social-environmental prospective assessment of water quality management using fuzzy cognitive maps and neutrosophic AHP-TOPSIS&f=false.

[11] P. Biswas, S. Pramanik, and B. C. Giri, "Neutrosophic TOPSIS with group decision making," *fuzzy multi-criteria Decis. using neutrosophic sets*, vol. 369, pp. 543–585, 2019, [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-00045-5_21

[12] S. Chakraborty, "TOPSIS and Modified TOPSIS: A comparative analysis," *Decis. Anal. J.*, vol. 2, p. 100021, 2022, [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277266222100014X.

[13] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[14] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[15] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[16] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[17] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[18] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[19] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 21, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Evaluación de estrategias clínicas para el hipotiroidismo subclínico en gestantes

Evaluation of clinical strategies for subclinical hypothyroidism in pregnant women

Santiago Xavier Peñarreta Quezada[1], Gilary Mayumi Imbacuan Ayala [2], and Marcela Estefanía Chalacan Castro [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. ui.santiagopq91@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. gilaryia83@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. marcelacc01@uniandes.edu.ec

Resumen. Este estudio tuvo como objetivo demostrar la aplicabilidad de la lógica neutrosófica en la priorización de intervenciones clínicas y preventivas para el manejo del hipotiroidismo subclínico en mujeres embarazadas. Se realizó una revisión bibliográfica sistemática en bases de datos científicas, utilizando términos clave relacionados con riesgos gestacionales y consecuencias clínicas. Se seleccionaron y analizaron varios artículos publicados entre 2019 y 2023, priorizando guías clínicas y revisiones sistemáticas. Los resultados mostraron que el hipotiroidismo subclínico incrementa significativamente los trastornos hipertensivos en el embarazo y el riesgo de infertilidad femenina. Asimismo, se identificaron estrategias clave, para el manejo de esta enfermedad en gestantes. Las alternativas fueron evaluadas mediante el método ELECTRE I, integrando lógica neutrosófica para manejar la incertidumbre y la complejidad de los datos. La derivación a especialistas emergió como la estrategia más dominante, seguida de la suplementación con levotiroxina y la educación nutricional. La aplicación de este método permitió priorizar las intervenciones mejorando la toma de decisiones en el ámbito de las ciencias de la salud. El estudio demostró que la combinación de métodos multicriterio y lógica neutrosófica resultó efectiva para abordar problemas complejos para la implementación de políticas sanitarias y futuras investigaciones en el campo..

Palabras Claves: lógica neutrosófica, hipotiroidismo subclínico, embarazo, métodos multicriterio, priorización de intervenciones, ELECTRE I

Abstract. This study aimed to demonstrate the applicability of neutrosophic logic in prioritizing clinical and preventive interventions for the management of subclinical hypothyroidism in pregnant women. A systematic literature review was conducted in scientific databases using key terms related to gestational risks and clinical outcomes. Several articles published between 2019 and 2023 were selected and analyzed, prioritizing clinical guidelines and systematic reviews. The results showed that subclinical hypothyroidism significantly increases the risk of hypertensive disorders during pregnancy and female infertility. Key strategies for managing this condition in pregnant women were also identified. The alternatives were evaluated using the ELECTRE I method, integrating neutrosophic logic to handle uncertainty and data complexity. Referral to specialists emerged as the most dominant strategy, followed by levothyroxine supplementation and nutritional education. The application of this method allowed for the prioritization of interventions, improving decision-making in the field of health sciences. The study demonstrated that the combination of multicriteria methods and neutrosophic logic was effective in addressing complex problems, supporting the implementation of health policies and future research in the field.

Keywords: neutrosophic logic, subclinical hypothyroidism, pregnancy, multicriteria methods, intervention prioritization, ELECTRE I

1 Introducción

El hipotiroidismo subclínico (HSC) se define como una condición caracterizada por niveles elevados de la Hormona Estimulante de Tiroides (TSH) en suero, mientras que los niveles de tiroxina libre (T4L) permanecen dentro del rango normal [1]. Aunque generalmente asintomático, este trastorno representa un desafío diagnóstico y terapéutico, especialmente en mujeres embarazadas, debido a los cambios fisiológicos que ocurren durante la gestación [2], [3]. Durante el embarazo, la glándula tiroidea experimenta un aumento de tamaño y se eleva la

producción de globulina transportadora de hormonas (TBG), lo que altera los rangos normales de T4 y T3 [4]. Estos cambios dificultan la interpretación de los valores de TSH, particularmente en el segundo y tercer trimestres, donde los límites superiores de referencia deben ajustarse. [5]

El HSC no solo afecta la salud materna, sino que también tiene implicaciones significativas en los resultados reproductivos. Estudios han demostrado que esta condición está asociada con un mayor riesgo de infertilidad, aborto espontáneo, trastornos hipertensivos del embarazo y complicaciones fetales, como bajo peso al nacer y restricción del crecimiento intrauterino [6], [7]. La Asociación Americana de Endocrinología Clínica (AACE) y la Asociación Americana de Tiroides (ATA) recomiendan la medición de TSH en mujeres en edad reproductiva, tanto antes como durante el primer trimestre del embarazo, para identificar y manejar oportunamente esta condición.[8]

A nivel global, las mujeres son entre 5 y 8 veces más propensas a desarrollar esta condición que los hombres, y en el contexto del embarazo, la prevalencia alcanza del 2% al 5%. En Ecuador, por ejemplo, la incidencia de hipotiroidismo es del 8%, lo que subraya la necesidad de abordar este problema desde una perspectiva clínica y de salud pública. [9,21]

La toma de decisiones en el manejo del HSC durante el embarazo está marcada por una significativa indeterminación. Aunque existen guías clínicas que recomiendan el monitoreo y tratamiento de esta condición, persisten controversias sobre los umbrales exactos de TSH que definen el HSC en mujeres embarazadas, así como sobre la efectividad de los tratamientos. La variabilidad en los rangos de referencia de TSH entre diferentes poblaciones y trimestres del embarazo añade complejidad al diagnóstico y tratamiento.

En este contexto, la lógica difusa y la lógica neutrosofica emergen como herramientas valiosas para abordar la incertidumbre inherente a este tipo de problemas [10]. La lógica difusa permite manejar información imprecisa o incompleta, mientras que la lógica neutrosófica va un paso más allá al incorporar la indeterminación como un componente fundamental en el análisis [11,22]. Estas aproximaciones son particularmente útiles en escenarios donde los datos son ambiguos o contradictorios, como en el caso del HSC, donde los resultados clínicos pueden variar significativamente entre pacientes.

Estudios previos han utilizado estas lógicas para optimizar la toma de decisiones en medicina, permitiendo una evaluación más precisa de riesgos y beneficios. Por ejemplo, la lógica neutrosofica ha sido aplicada en la priorización de tratamientos en enfermedades crónicas, donde la incertidumbre y la variabilidad son comunes [12]. Su aplicación en el manejo del HSC durante el embarazo podría proporcionar un marco analítico sólido para evaluar intervenciones y reducir los riesgos asociados.

Por su parte, los métodos de toma de decisiones multicriterio (MCDM, por sus siglas en inglés) han demostrado ser herramientas efectivas para abordar problemas complejos en el ámbito de la salud, donde múltiples factores deben ser considerados simultáneamente [13]. En el caso del HSC durante el embarazo, estos métodos pueden permitir integrar diversos criterios facilitando la priorización de intervenciones. Sin embargo, la incertidumbre asociada a los datos clínicos y la variabilidad en los resultados obstétricos limitan la efectividad de los enfoques tradicionales.

Aquí es donde la lógica neutrosofica ofrece una ventaja significativa. Extendiendo los principios de la lógica difusa, la lógica neutrosofica incorpora la indeterminación como un componente central, permitiendo una representación más precisa de la realidad [12], [14], [15,23]. Por ejemplo, en el manejo del HSC, la lógica neutrosofica puede capturar la ambigüedad en los umbrales de TSH o la variabilidad en la respuesta al tratamiento, proporcionando un marco más flexible para la toma de decisiones. Estudios recientes han aplicado con éxito la lógica neutrosofica en combinación con métodos MCDM, como el AHP (*Analytic Hierarchy Process*) o TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*), para priorizar intervenciones en salud [16], [17]. En el contexto del HSC, esta fusión permitiría evaluar alternativas consideranto los niveles de incertidumbre asociada a las diferentes opciones.

El método ELECTRE (*Elimination and Choice Expressing Reality*) es una técnica de toma de decisiones multicriterio ampliamente utilizada para priorizar alternativas en escenarios complejos. Su fortaleza radica en su capacidad para manejar criterios conflictivos y relaciones de preferencia entre alternativas, lo que lo hace ideal para problemas donde no existe una solución claramente dominante [18,24]. Sin embargo, la aplicación tradicional del método ELECTRE enfrenta limitaciones cuando los datos son inciertos o ambiguos. En este marco, al extender los principios de la lógica neutrosofica incorporando la indeterminación como un componente central, se puede lograr una representación más precisa de la realidad.

En tal marco, la presente investigación tiene como objetivo demostrar la aplicabilidad de la lógica neutrosófica en la priorización de intervenciones clínicas y preventivas en mujeres embarazadas con hipotiroidismo subclínico. La relevancia de este estudio trasciende el ámbito científico, ya que tiene el potencial de impactar directamente en la práctica clínica y en la planificación de políticas de salud. Al priorizar intervenciones basadas en evidencia, se pueden mejorar los resultados maternos y fetales, reducir costos asociados a complicaciones y promover una atención más equitativa y efectiva.

2. Antecedentes

Definición 1. Sea *X* un espacio de puntos u objetos, cuyos elementos genéricos se representan como *x*. Un conjunto neutrosófico de valor único (SVNS, por sus siglas en inglés) *A* en *X* se caracteriza por tres funciones de membresía $T_A(x)$, que representa la membresía de verdad; $I_A(x)$, que describe la membresía de indeterminación; y $F_A(x)$, que indica la membresía de falsedad. Por lo tanto, un SVNS *A* puede expresarse como:

$$\tilde{A} = \{x, \langle T_A^+(x), I_A^+(x), F_{\tilde{A}}^+(x), T_{\tilde{A}}^-(x), I_{\tilde{A}}^-(x), F_{\tilde{A}}^-(x)\rangle \mid x \in X\},$$

donde $T_A^+(x), I_A^+(x), F_{\tilde{A}}^+(x): X \to [0,1]$ para cada *x* en *X*. Además, estas funciones de membresía satisfacen la condición $0 \leq T_{A(x)} + I_{A(x)} + F_{A(x)} \leq 3$. [19]

Definición 2. Un conjunto neutrosófico bipolar *A* en *X* se define como un objeto de la forma:

$$\tilde{A} = \{x, \langle T_A^+(x), I_A^+(x), F_{\tilde{A}}^+(x), T_{\tilde{A}}^-(x), I_{\tilde{A}}^-(x), F_{\tilde{A}}^-(x)\rangle \mid x \in X\},$$

donde las funciones $T_A^+(x), I_A^+(x), F_{\tilde{A}}^+(x): X \to [0,1]$ representan los valores positivos de membresía de verdad, indeterminación y falsedad, respectivamente, mientras que TA−(x)$TA^-(x)$, IA−(x)$IA^-(x)$, FA−(x):X→[−1,0]$FA^-(x)$:$X \to [-1,0]$ corresponden a sus valores negativos.

2.2 Método mediante ELECTRE I Bipolar

El método considera la existencia de un conjunto $S = \{S_1, S_2, \cdots, S_m\}$ que representa *m* alternativas de selección, y un conjunto $T = \{T_1, T_2, \cdots, T_n\}$ que denota *n* atributos o criterios de evaluación. Además, el vector de pesos asociado a los criterios de evaluación se denota como $W = \left[w_{1w_2} \cdots w_n\right]^T$ donde $0 \leq wj \leq 1$ y $\sum j = 1_{nwj} = 1$. Suponiendo que el decisor asigna una calificación a cada alternativa Si, (i=1,2,⋯,m) con respecto a cada atributo Tj, (j=1,2,⋯,n) en forma de conjuntos neutrosóficos bipolares (BNS, por sus siglas en inglés), los pasos del método ELECTRE I se pueden resumir de la siguiente manera:

Paso 1. Cada alternativa se evalúa en función de múltiples criterios. La evaluación de cada alternativa con respecto a cada criterio se representa utilizando BNS, lo que puede expresarse en la matriz de decisión como:

$$K = [k_{ij}]_{m\times n} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \cdots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \cdots & k_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ k_{m1} & k_{m2} & \cdots & k_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

donde cada entrada $k_{ij} =< T_{ij}^+, I_{ij}^+, F_{ij}^+, T_{ij}^-, I_{ij}^-, F_{ij}^- >$ se caracteriza de la siguiente manera:

$T_{ij}^+, I_{ij}^+, F_{ij}^+$, representan los grados de membresía positiva de verdad, indeterminación y falsedad, respectivamente.

Mientras que $T_{ij}^-, I_{ij}^-, F_{ij}^-$ representan los grados de membresía negativa de verdad, indeterminación y falsedad.

Estos valores satisfacen las restricciones $T_{ij}^+, I_{ij}^+, F_{ij}^+ \in [0,1]$ $T_{ij}^-, I_{ij}^-, F_{ij}^- \in [-1,0]$, y $0 \leq T_{ij}^+, I_{ij}^+, F_{ij}^+, T_{ij}^-, I_{ij}^-, F_{ij}^- \leq 6$, donde i=1,2,3,…,m and j=1,2,3,…,n.

Paso 2. Cuando los pesos de los criterios no están distribuidos uniformemente y sus valores son desconocidos para el decisor, se emplea el método de maximización de la desviación para determinar los pesos no especificados. En consecuencia, el peso del atributo T_j se calcula de la siguiente manera:

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^{m}\sum_{l=1}^{m}|k_{ij}-k_{lj}|}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(\sum_{i=1}^{m}\sum_{l=1}^{m}|k_{ij}-k_{lj}|\right)^2}}, \quad (2)$$

Y el peso normalizado del atributo T_j se determina como se describe en la Ecuación (3):

$$w_j^* = \frac{\sum_{i=1}^{m}\sum_{l=1}^{m}|k_{ij}-k_{lj}|}{\sum_{j=1}^{n}\left(\sum_{i=1}^{m}\sum_{l=1}^{m}|k_{ij}-k_{lj}|\right)}. \quad (3)$$

Paso 3: La matriz de decisión agregada ponderada neutrosófica bipolar se calcula multiplicando los pesos de los atributos con la matriz de decisión agregada de la siguiente manera:

$$K * W = [k_{ij}^{w_j}]_{m\times n} = \begin{bmatrix} k_{11}^{w_1} & k_{12}^{w_2} & \cdots & k_{1n}^{w_n} \\ k_{21}^{w_1} & k_{22}^{w_2} & \cdots & k_{2n}^{w_n} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ k_{m1}^{w_1} & k_{m2}^{w_2} & \cdots & k_{mn}^{w_n} \end{bmatrix} \quad (4)$$

donde

$$k_{ij}^{w_j} =< T_{ij}^{w_j+}, I_{ij}^{w_j+}, F_{ij}^{w_j+}, T_{ij}^{w_j-}, I_{ij}^{w_j-}, F_{ij}^{w_j-} >$$
$$=< 1-(1-T_{ij}^{+})^{w_j}, (I_{ij}^{+})^{w_j}, (F_{ij}^{+})^{w_j}, -(-T_{ij}^{-})^{w_j}, -(-I_{ij}^{-})^{w_j}, -(1-(1-(-F_{ij}^{-}))^{w_j}) >$$

Paso 4: Los conjuntos de concordancia E_{xy} y discordancia F_{xy} neutrosóficos bipolares se definen como::

$$E_{xy} = \{1 \le j \le n | \rho_{xj} \ge \rho_{yj}\}, x \ne y, x, y = 1,2,\cdots,m,$$
$$F_{xy} = \{1 \le j \le n | \rho_{xj} \le \rho_{yj}\}, x \ne y, x, y = 1,2,\cdots,m, \quad (5)$$

donde $\rho_{ij} = T_{ij}^{+} + I_{ij}^{+} + F_{ij}^{+} + T_{ij}^{-} + I_{ij}^{-} + F_{ij}^{-}, i = 1,2,\cdots,m$ y $j = 1,2,\cdots,n$

Paso 5: La matriz de concordancia neutrosófica bipolar *E* se construye como:

$$E = \begin{bmatrix} - & e_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & e_{1m} \\ e_{21} & - & \cdot & \cdot & \cdot & e_{2m} \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ e_{m1} & e_{m2} & \cdot & \cdot & \cdot & - \end{bmatrix}$$

donde los índices de concordancia bipolar $e_{(xy)}$ se calculan utilizando (6):

$$e_{xy} = \sum_{j\in E_{xy}} w_j \quad (6)$$

Paso 6: La matriz de discordancia neutrosófica bipolar F se construye:

$$F = \begin{bmatrix} - & f_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & f_{1m} \\ f_{21} & - & \cdot & \cdot & \cdot & f_{2m} \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ f_{m1} & f_{m2} & \cdot & \cdot & \cdot & - \end{bmatrix},$$

Donde los índices de discordancia bipolar $f_{xy}{}'s$ se determinan mediante:

$$f_{xy} = \frac{\max\limits_{j\in F_{xy}} \sqrt{\frac{1}{6n}\left\{\begin{matrix}(T_{xj}^{w_j+}-T_{yj}^{w_j+})^2+(I_{xj}^{w_j+}-I_{yj}^{w_j+})^2+(F_{xj}^{w_j+}-F_{yj}^{w_j+})^2+ \\ (T_{xj}^{w_j-}-T_{yj}^{w_j-})^2+(I_{xj}^{w_j-}-I_{yj}^{w_j-})^2+(F_{xj}^{w_j-}-F_{yj}^{w_j-})^2\end{matrix}\right\}}}{\max\limits_{j} \sqrt{\frac{1}{6n}\left\{\begin{matrix}(T_{xj}^{w_j+}-T_{yj}^{w_j+})^2+(I_{xj}^{w_j+}-I_{yj}^{w_j+})^2+(F_{xj}^{w_j+}-F_{yj}^{w_j+})^2+ \\ (T_{xj}^{w_j-}-T_{yj}^{w_j-})^2+(I_{xj}^{w_j-}-I_{yj}^{w_j-})^2+(F_{xj}^{w_j-}-F_{yj}^{w_j-})^2\end{matrix}\right\}}} \quad (7)$$

Paso 7: Los niveles de concordancia y discordancia se calculan para clasificar las alternativas. El nivel de concordancia neutrosófica bipolar $\hat{e}$ se calcula como:

$$\hat{e} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{\substack{x=1,\\ x\ne y}}^{m} \sum_{\substack{y=1,\\ y\ne x}}^{m} e_{xy} \quad (8)$$

De manera similar, el nivel de discordancia neutrosófica bipolar $\hat{f}$ está dado por:

$$\hat{f} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{\substack{x=1,\\ x\ne y}}^{m} \sum_{\substack{y=1,\\ y\ne x}}^{m} f_{xy} \quad (9)$$

Paso 8: Las matrices de dominancia de concordancia ϕ y discordancia ψ, neutrosóficas bipolares se determinan como:

$$\phi = \begin{bmatrix} - & \phi_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & \phi_{1m} \\ \phi_{21} & - & \cdot & \cdot & \cdot & \phi_{2m} \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ \phi_{m1} & \phi_{m2} & \cdot & \cdot & \cdot & - \end{bmatrix},$$

$$\psi = \begin{bmatrix} - & \psi_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & \psi_{1m} \\ \psi_{21} & - & \cdot & \cdot & \cdot & \psi_{2m} \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ \psi_{m1} & \psi_{m2} & \cdot & \cdot & \cdot & - \end{bmatrix}$$

donde

$$\phi_{xy} = \begin{cases} 1, & \text{if} e_{xy} \geq \hat{e}, \\ 0, & \text{if} e_{xy} < \hat{e}. \end{cases} \quad (10)$$

$$\psi_{xy} = \begin{cases} 1, & \text{if} f_{xy} \leq \hat{f}, \\ 0, & \text{if} f_{xy} > \hat{f}. \end{cases} \quad (11)$$

Paso 9: La matriz de dominancia agregada neutrosófica bipolar π se calcula combinando las matrices ϕ y ψ, como:

$$\pi = \begin{bmatrix} - & \pi_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & \pi_{1m} \\ \pi_{21} & - & \cdot & \cdot & \cdot & \pi_{2m} \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ \pi_{m1} & \pi_{m2} & \cdot & \cdot & \cdot & - \end{bmatrix}$$

donde

$$\pi_{xy} = \phi_{xy}\psi_{xy} \quad (12)$$

Paso 10: Finalmente, las alternativas se clasifican en función de los valores de dominancia π_{xy}.
Para cada par de alternativas S_x y S_y:
(a) Una flecha simple de S_x a S_y indica que S_x es preferida
(b) Dos flechas indican indiferencia entre S_x y S_y.
(c) Ninguna flecha significa incomparabilidad entre S_x and S_y

3. Resultados

Se realizó una revisión bibliográfica basada en una búsqueda sistemática de artículos científicos en bases de datos de relevancia científica (PubMed, Web of Science (WoS), Scopus y Google Scholar) utilizando como términos clave *«Subclinical hypothyroidism and pregnancy»*, *«Hypothyroidism, Pregnancy»* y *«Hipotiroidismo subclínico en el embarazo»*, combinados con operadores booleanos para precisar resultados relacionados con riesgos gestacionales y consecuencias clínicas. Se aplicaron criterios de inclusión que priorizaron guías clínicas, revisiones sistemáticas y estudios publicados entre 2019 y 2023, escritos en inglés o español, con el fin de garantizar actualidad y rigor científico. Se excluyeron estudios observacionales, casos clínicos y publicaciones en otros idiomas, lo que permitió seleccionar 45 artículos relevantes para el análisis.

El análisis realizado proporcionó una visión clara sobre el impacto del hipotiroidismo subclínico en la fertilidad y el embarazo proyectando varios hallazgos que merecen ser tomados en consideración para su respectivo manejo. En primer lugar, se identificó que los trastornos hipertensivos del embarazo representaron el riesgo materno más significativo, con un *odds ratio* (OR) de 4.04 (IC 95%: 1.85–8.84; $p < 0.001$). Esto sugirió que las mujeres con HSC tienen cuatro veces más probabilidades de desarrollar esta complicación en comparación con aquellas sin la

condición (Tabla 1). Por otro lado, la colestasis intrahepática (OR: 1.72; IC 95%: 0.40–7.42; $p = 0.47$) y la diabetes gestacional (OR: 1.05; IC 95%: 0.66–1.69; $p = 0.84$) no alcanzaron significación estadística, lo que indica que su asociación con el HSC requiere mayor investigación.

Tabla 1: Riesgos del hipotiroidismo subclínico sobre la madre.

Riesgos maternos	OR	Intervalo de confianza del 95% (IC)	P-valor
Trastornos hipertensivos del embarazo	4.04	[1.85-8.84]	0.000
Colestasis intrahepática del embarazo	1.72	[0.40-7.42]	0.47
Diabetes gestacional	1.05	[0.66-1.69]	0.84
Placenta previa	1.53	0.76-3.09	0.23

Fuente: [20]

Respecto a la fertilidad, el HSC se asoció con un aumento de 2.25 veces en el riesgo de infertilidad femenina (IC 95%: 1.02–5.12; $p = 0.045$), mientras que la disfunción ovulatoria y las irregularidades menstruales, aunque observadas clínicamente, carecieron de datos cuantitativos suficientes para su análisis. El mecanismo fisiopatológico subyacente se vinculó principalmente con la hiperprolactinemia secundaria a la disfunción tiroidea, la cual altera la secreción pulsátil de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), generando ciclos anovulatorios y deficiencia de progesterona.

Estos resultados enfatizaron que el HSC no tratado durante el embarazo no solo puede incrementar los riesgos materno-fetales, sino que también compromete la salud reproductiva a largo plazo. En tal sentido, se propuso un grupo de consideraciones de alto impacto para minimizar las afecciones potenciales en pacientes de riesgo. La tabla 2 resume los principales aspectos a considerar.

Tabla 2: Estrategias propuestas para el manejo del hipotiroidismo subclínico en embarazadas.

Intervención	Objetivo Principal	Implementación	Resultados Esperados
Suplementación con levotiroxina	Normalizar niveles de TSH y reducir riesgos materno-fetales.	Dosificación ajustada según perfil tiroideo, seguimiento trimestral de TSH y T4 libre.	Reducción del trastornos hipertensivos, mejora del APGAR fetal
Monitoreo clínico intensivo	Detección temprana de complicaciones y seguimiento fetal.	Evaluación mensual de TSH, ecografías Doppler para crecimiento fetal, y monitoreo de presión arterial semanal.	Disminución en muerte fetal y reducción de RCIU
Educación nutricional	Corregir deficiencias de yodo y promover hábitos saludables.	Programas educativos con suplementos de yodo, talleres sobre dieta balanceada y actividad física.	Reducción en progresión a hipotiroidismo clínico y mejora de parámetros tiroideos
Derivación a especialistas	Optimizar manejo multidisciplinario en casos complejos.	Protocolos de derivación a endocrinología y obstetricia de alto riesgo en el primer trimestre.	Reducción en complicaciones graves y mejora en tasas de fertilidad post-tratamiento

Fuente: Elaboración propia

Para evaluar y priorizar las estrategias propuestas, se asignaron pesos a los criterios según su relevancia e impacto. El impacto clínico recibió un peso del 40%, al ser considerado el factor más crítico para reducir riesgos materno-fetales. Por su parte, el costo-efectividad se consideró con un 30% de importancia, ya que garantiza que los recursos se utilicen de manera eficiente. La viabilidad obtuvo una valoración de un 20%, al considerar la disponibilidad de recursos en distintos contextos, mientras que la aceptabilidad se valoró con un 10%, dada su naturaleza más subjetiva.

Las alternativas identificadas fueron sometidas a evaluación por parte de expertos, quienes las analizaron bajo los criterios previamente definidos. Este proceso permitió asignar valores a cada estrategia en función de su desempeño en los distintos criterios, utilizando números bipolares neutrosóficos para capturar la complejidad y la incertidumbre inherente a la toma de decisiones. La Tabla 3 presenta la matriz de decisión resultante, que refleja de manera estructurada la evaluación de cada alternativa en términos de sus grados de verdad, indeterminación y falsedad en sus aspectos positivos y negativos.

Tabla 3: Matriz de decisión de números bipolares.

	Impacto clínico	**Costo-efectividad**	**Viabilidad**	**Aceptabilidad**
Suplementación con levotiroxina	(0.5, 0.3, 0.5, -0.6, -0.3, -0.4)	(0.5, 0.3, 0.2, -0.5, -0.2, -0.4)	(0.2, 0.6, 0.5, -0.3, -0.4, -0.3)	(0.4, 0.2, 0.5, -0.1, -0.6, -0.4)
Monitoreo clínico intensivo	(0.3, 0.5, 0.2, -0.5, -0.7, -0.5)	(0.2, 0.64, 0.1, -0.5, -0.3, -0.7)	(0.5, 0.2, 0.5, -0.6, -0.3, -0.1)	(0.2, 0.7, 0.5, -0.5, -0.3, -0.2)
Educación nutricional	(0.4, 0.5, 0.3, -0.5, -0.3, -0.6)	(0.4, 0.5, 0.2, -0.3, -0.7, -0.5)	(0.8, 0.5, 0.7, -0.3, -0.4, -0.3)	(0.3, 0.6, 0.6, -0.5, -0.5, -0.3)
Derivación a especialistas	(0.5, 0.6, 0.5, -0.1, -0.1, -0.3)	(0.7, 0.4, 0.6, -0.1, -0.3, -0.3)	(0.6, 0.3, 0.6, -0.1, -0.4, -0.2)	(0.8, 0.3, 0.2, -0.1, -0.3, -0.1)

Fuente: Elaboración propia

Los pesos asignados a los criterios, en conjunto con la matriz de decisión inicial, facilitan la obtención de la matriz agregada ponderada bipolar. Este proceso se realiza multiplicando cada valor de la matriz de decisión por el peso correspondiente a su criterio de evaluación, tal como se describe en la ecuación (4). La normalización permite estandarizar los valores, asegurando que cada criterio contribuya proporcionalmente a la evaluación global según su importancia relativa. La Tabla 4 muestra la matriz ponderada resultante, que refleja de manera precisa el impacto ponderado de cada alternativa en función de los criterios definidos.

Tabla 4: Matriz agregada ponderada de números bipolares.

	Impacto clínico	**Costo-efectividad**	**Viabilidad**	**Aceptabilidad**
Suplementación con levotiroxina	0.08	0.06	0.05	0.04
Monitoreo clínico intensivo	0.06	0.06	0.05	0.01
Educación nutricional	0.1	0.09	0.04	0.05
Derivación a especialistas	0.08	0.06	0.05	0.04

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos datos, fue posible determinar los conjuntos de concordancia y discordancia neutrosóficos bipolares, los cuales se presentan en las Tablas 5 y 6, respectivamente.

Tabla 5: Conjuntos de concordancia neutrosófica bipolar.

E_{1y}	{-}	{2, 3}	{1, 2, 4}	{0}
E_{2y}	{4}	{-}	{4}	{0}
E_{3y}	{3}	{1,2,3}	{-}	{3}
E_{4y}	{1,2,3,4}	{1,2,3,4}	{1,2,4}	{-}

Tabla 6: Conjuntos de discordancia neutrosófica bipolar.

E_{1y}	{-}	{1, 4}	{3}	{1,2,3,4}
E_{2y}	{1,2,3}	{-}	{1,2,3}	{1,2,3,4}
E_{3y}	{1,2,4}	{4}	{-}	{1,2,4}
E_{4y}	{0}	{0}	{3}	{-}

Con base en los datos recopilados y aplicando las ecuaciones 6 y 7, se procedió al cálculo de la matriz de concordancia neutrosófica E y la matriz de discordancia neutrosófica F. Estas matrices ofrecen una representación cuantitativa de las relaciones de concordancia y discordancia entre las alternativas evaluadas. La matriz de concordancia E refleja el grado en que una alternativa supera a otra en términos de los criterios definidos, mientras que la matriz de discordancia F identifica las áreas donde una alternativa puede ser inferior.

$$E_{xy} = \begin{bmatrix} - & 0.50 & 0.80 & 0.00 \\ 0.10 & - & 0.10 & 0.00 \\ 0.20 & 0.90 & - & 0.20 \\ 1.00 & 1.00 & 0.80 & - \end{bmatrix} \qquad F_{xy} = \begin{bmatrix} - & 1.00 & 0.52 & 1.00 \\ 1.00 & - & 1.00 & 1.00 \\ 1.00 & 0.18 & - & 1.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.46 & - \end{bmatrix}$$

Con los niveles de concordancia y discordancia calculados ($\hat{e} = 0.467\ y\ \hat{f} = 0.68$), se procedió a aplicar las ecuaciones 10 y 11 para obtener las matrices de dominancia de concordancia neutrosófica bipolar ϕ y matrices de dominancia de discordancia neutrosófica bipolar ψ. Estas matrices permiten identificar las alternativas que superan a otras en términos de concordancia y aquellas que presentan menores niveles de discordancia. Esta información es crucial para clasificar las estrategias propuestas, ya que proporciona una base cuantitativa para comparar su desempeño relativo. Al integrar estos resultados, se puede determinar cuál de las alternativas es la más efectiva según los criterios establecidos, facilitando una toma de decisiones fundamentada y priorizada.

Finalmente, a partir de estas, fue posible obtener la matriz de dominancia resultante, que integra los niveles de concordancia y discordancia calculados. Esto permitió identificar cuáles estrategias son más efectivas en función de los criterios definidos. Esta matriz no solo refleja la superioridad relativa de cada alternativa, sino que también resalta las áreas donde ciertas estrategias pueden presentar limitaciones. A continuación, se presenta la matriz resultante, la cual proporciona una visión clara y estructurada de las relaciones de preferencia.

$$\pi = \begin{bmatrix} - & 0 & 1 & 0 \\ 0 & - & 0 & 0 \\ 0 & 1 & - & 0 \\ 1 & 1 & 1 & - \end{bmatrix}$$

La matriz de dominancia resultante permitió establecer relaciones claras de preferencia entre las estrategias propuestas. La suplementación con levotiroxina mostró una preferencia directa sobre la educación nutricional, indicando que, en términos de impacto clínico y viabilidad, la primera es más efectiva. Por otro lado, la educación nutricional fue preferida sobre el monitoreo clínico intensivo. Esto sugiere que, aunque ambas son relevantes, la educación nutricional tiene un mayor alcance en la prevención y el manejo a largo plazo.

La derivación a especialistas emergió como la alternativa más dominante, mostrando preferencia sobre las otras tres estrategias. Esto refleja su capacidad para integrar un manejo personalizado y multidisciplinario, especialmente en casos complejos o de alto riesgo. Sin embargo, la ausencia de flechas entre el monitoreo clínico intensivo y la suplementación con levotiroxina indicó incomparabilidad, sugiriendo que su elección depende del contexto clínico y los recursos disponibles.

4. Discusión

La aplicación de la lógica neutrosófica en el tema de estudio demostró ser una herramienta poderosa para abordar la complejidad y la incertidumbre inherentes a este tipo de decisiones clínicas. Al integrar el método ELECTRE I, para la toma de decisiones multicriterio, se logró capturar no solo la información cuantitativa, sino también los matices cualitativos que surgen al evaluar alternativas en contextos donde los datos suelen ser ambiguos o incompletos. Este enfoque permitió manejar de manera efectiva las dimensiones de verdad, falsedad e indeterminación en este proceso, lo que resultó crucial para comprender las relaciones de preferencia entre las estrategias propuestas. [25,26]

Los resultados obtenidos reflejaron que la derivación a especialistas constituyó la alternativa más dominante, superando a las demás con respecto a los criterios evaluados. La lógica neutrosófica, al permitir la integración de múltiples criterios y la ponderación de incertidumbres, facilitó una evaluación más equilibrada y realista de las alternativas. Este enfoque no solo identificó la estrategia más efectiva, sino que también proporcionó una base para la toma de decisiones informadas en entornos donde la información puede ser parcial o contradictoria. La combinación de métodos multicriterio con la lógica neutrosófica resultó ser una solución innovadora y efectiva para priorizar intervenciones en salud, demostrando su utilidad en la mejora de resultados clínicos y en la optimización de recursos sanitarios. [27]

5. Conclusión

El estudio permitió demostrar la aplicabilidad de la lógica neutrosófica y los métodos de decisión multicriterio en la priorización de intervenciones para el manejo del hipotiroidismo subclínico en mujeres embarazadas. La integración de estos enfoques facilitó la evaluación de alternativas bajo criterios múltiples, considerando varios criterios de interés. Esto permitió capturar la incertidumbre y la complejidad inherentes a la toma de decisiones en el ámbito de la salud, ofreciendo una visión más completa y realista de las opciones disponibles.

La aplicación de la lógica neutrosófica, en combinación con el método ELECTRE, permitió identificar que la derivación a especialistas resultó la estrategia más dominante para el manejo de esta enfermedad en la población analizada. Estos resultados resaltaron la importancia de un enfoque personalizado y multidisciplinario, especialmente en casos de alto riesgo. La metodología utilizada no solo priorizó las estrategias evaluadas, sino que también proporcionó una base concreta para la implementación de políticas y protocolos clínicos.

Este estudio representó un avance significativo en la aplicación de herramientas para la toma de decisiones en salud, demostrando que la lógica neutrosófica y los métodos multicriterio son efectivos para manejar problemas complejos y multidimensionales en este contexto. El estudio contribuyó a fortalecer el marco teórico y práctico para la priorización de intervenciones en salud, ofreciendo un enfoque adaptable a diversas realidades clínicas.

Referencias

[1] A. Á. Castillo, J. M. R. Alfaro, and A. S. Boza, "Abordaje del hipotiroidismo subclínico en el adulto," *Rev. Médica Sinerg.*, vol. 5, no. 02, p. 358, 2020, [Online]. Available: https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=92153.

[2] T. Valle-Pimienta, Y. Lago-Díaz, G. Rosales-Álvarez, Y. Breña-Pérez, S. Ordaz-Díaz, and A. Pérez-Aguado, "Infertilidad e hipotiroidismo subclínico," *Rev. Arch. Médico Camagüey*, vol. 24, no. 4, 2020, [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1025-02552020000400008&script=sci_arttext.

[3] G. P. López-Pérez, T. J. Fiallos-Mayorga, G. G. Quinatoa-Caba, and J. M. Delgado-Jiménez, "Hipotiroidismo subclínico en el embarazo una revisión para la actualización diagnóstica," *Dominio las Ciencias*, vol. 7, no. 5, pp. 93–109, 2021, [Online]. Available: https://doi.org/10.23857/dc.v7i5.2236.

[4] P. Carrillo-Mora, A. García-Franco, M. Soto-Lara, G. Rodríguez-Vásquez, J. Pérez-Villalobos, and D. Martínez-Torres, "Cambios fisiológicos durante el embarazo normal," *Rev. la Fac. Med.*, vol. 64, no. 1, pp. 39–48, 2021, [Online]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0026-17422021000100039.

[5] D. L. Serdán Ruiz, K. K. Vásquez Bone, and A. E. Yupa Pallchisaca, "Cambios fisiológicos y anatómicos en el cuerpo de la mujer durante el embarazo," *Universidad, Cienc. y Tecnol.*, vol. 27, no. 119, pp. 29–40, 2023, [Online]. Available: https://doi.org/10.47460/uct.v27i119.704.

[6] K. A. Abuhadba-Cayao, J. E. Talavera, V. J. Vera-Ponce, and J. A. Cruz-Vargas, "Tratamiento médico en gestantes con hipotiroidismo subclínico: revisión sistemática y meta-análisis," *Rev. Bras. Saúde Matern. Infant.*, vol. 22, pp. 227–235, 2022, [Online]. Available: https://doi.org/10.1590/1806-9304202200020003.

[7] K. del R. C. Benavides, S. A. P. Lucero, and V. E. J. Proaño, "Hipotiroidismo subclínico gestacional," *La Cienc. al Serv. la Salud y la Nutr.*, vol. 14, no. Ed. Esp., pp. 20–27, 2023, [Online]. Available: http://revistas.espoch.edu.ec/index.php/cssn/article/view/827.

[8] M. D. R. Urgilez, "Hipotiroidismo en Mujeres de Edad Fértil, Análisis Actual," *J. Am. Heal.*, vol. 7, no. 2, 2024, [Online]. Available: https://www.jah-journal.com/index.php/jah/article/view/203.

[9] S. Israel, M. Urgilés, B. Oswaldo, M. Montoya, and M. P. I. Rea, "Prevención y complicaciones del hipotiroidismo en gestantes. Hospital Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Riobamba. 2020." (Tesis de pregrado)Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, [Online]. Available: http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/8354.

[10] G. Morales-Luna, "Introducción a la lógica difusa," *Cent. Investig. y Estud. Av. México*, 2002, [Online]. Available: https://www.academia.edu/download/32422813/1Introduccinalalgicadifusa.pdf.

[11] R. R. Gualdrón, F. Smarandache, and C. D. Bohorquez, "Aplicación de la teoría neutrosófica para el tratamiento de la incertidumbre en la gestión del riesgo en la cadena de suministro," *Aglala*, vol. 10, no. 2, pp. 1–19, 2019, [Online]. Available: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7383538.

[12] C. E. P. Hernández, Z. R. N. Chuga, and M. V. A. Hidalgo, "Empleo de la neutrosofía para la evaluación del conocimiento sobre síndrome del cuidador en pacientes con enfermedad renal crónica que se realizan diálisis en la clínica Menydial," *Neutrosophic Comput. Mach. Learn. ISSN 2574-1101*, vol. 27, pp. 97–106, 2023, [Online]. Available: http://fs.unm.edu/NCML2/index.php/112/article/view/342.

[13] M. R. Ahmad, M. Saeed, U. Afzal, and M.-S. Yang, "A novel MCDM method based on plithogenic hypersoft sets under fuzzy neutrosophic environment," *Symmetry (Basel).*, vol. 12, no. 11, p. 1855, 2020.

[14] S. Pramanik, "Single-Valued Neutrosophic Set: An Overview," *Transdisciplinarity*, pp. 563–608, 2022. [Online]. Available: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-94651-7_26

[15] F. Smarandache and N. Martin, "Decision Making on Teachers' adaptation to Cybergogy in Saturated

Interval-valued Refined Neutrosophic overset/underset/offset Environment," *Int. J. Neutrosophic Sci.*, vol. 12, no. 2, p. 58, 2020. [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/math_fsp/445/

[16] R. Ahmed, F. Nasiri, and T. Zayed, "Neutrosophic-AHP-based GA model for renewals planning of hospital building assets," in *2020 International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA)*, 2020, pp. 1–5, [Online]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9317119/.

[17] M. Abdel-Basset, G. Manogaran, A. Gamal, and F. Smarandache, "A group decision making framework based on neutrosophic TOPSIS approach for smart medical device selection," *J. Med. Syst.*, vol. 43, pp. 1–13, 2019, [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/s10916-019-1156-1.

[18] S. Singh, S. K. Verma, and A. (2020) Tiwari, "A novel approach for finding crucial node using ELECTRE method.," *Int. J. Mod. Phys. B*, vol. 34, no. 09, 2020. [Online]. Available: https://doi.org/10.1142/S0217979220500769

[19] J. L. Salmeron and F. Smarandache, "Redesigning Decision Matrix Method with an indeterminacy-based inference process," *Int. J. Appl. Math. Stat.*, vol. 13, no. M 08, pp. 4–11, 2008, [Online]. Available: https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=c6b6024f4464e582d3e5aebefbb853876de194ac.

[20] M.-Q. Wu, J. Liu, Y.-Q. Wang, Y. Yang, C.-H. Yan, and J. Hua, "The impact of subclinical hypothyroidism on adverse perinatal outcomes and the role of thyroid screening in pregnancy," *Front. Endocrinol. (Lausanne).*, vol. 10, p. 522, 2019, https://www.frontiersin.org/journals/endocrinology/articles/10.3389/fendo.2019.00522/full.

[21] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[22] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[23] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[24] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[25] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[26] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[27] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 21, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Selección óptima de estrategias quirúrgicas para rotura hepática en síndrome HELLP mediante análisis neutrosófico

Optimal surgical strategy selection for HELLP syndrome liver rupture using neutrosophic decision analysis

Washington Omar Guevara Pérez [1], Oscar David Salazar Correa[2], and Esther de los Dolores Jiménez Andrade[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. ui.washingtongp68@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. docentettp115@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. ui.estherja25@uniandes.edu.ecc

Resumen. Este estudio realizado permitió demostrar la aplicabilidad de los métodos de decisión multicriterio combinados con lógica neutrosófica para seleccionar estrategias quirúrgicas óptimas en rotura hepática asociada a síndrome HELLP en pacientes obstétricas. La investigación partió de un caso clínico donde se evidenció la necesidad de un marco metodológico que integrara variables clínicas, logísticas y pronósticas bajo condiciones de incertidumbre. Se empleó el método COPRAS adaptado a lógica neutrosófica, evaluando once alternativas quirúrgicas mediante cuatro criterios ponderados por un panel de expertos. Los resultados destacaron al empaquetamiento hepático y la embolización arterial como las alternativas con mejor equilibrio entre eficacia y factibilidad, superando a opciones teóricamente superiores, pero menos prácticas. La lógica neutrosófica permitió manejar contradicciones inherentes a los datos clínicos, incorporando grados de verdad, falsedad e indeterminación en el análisis. Esto proporcionó un modelo más fiel a la toma de decisiones en el campo de la obstetricia, donde factores contextuales suelen ser determinantes. El estudio no solo validó estrategias quirúrgicas establecidas, sino que ofreció un protocolo reproducible para optimizar decisiones en emergencias materno-fetales, sentando bases para su implementación en sistemas de apoyo clínico y futuras investigaciones multicéntricas.

Palabras Claves: Neutrosofía, toma de decisiones, cirugía obstétrica, métodos multicriterio, lógica difusa, hemorragia posparto, COPRAS neutrosófico

Abstract. This study demonstrated the applicability of multicriteria decision-making methods combined with neutrosophic logic for selecting optimal surgical strategies in hepatic rupture associated with HELLP syndrome in obstetric patients. The research originated from a clinical case that revealed the need for a methodological framework integrating clinical, logistical, and prognostic variables under conditions of uncertainty. The neutrosophic COPRAS method was employed, evaluating eleven surgical alternatives through four criteria weighted by an expert panel. Results highlighted hepatic packing and arterial embolization as the alternatives with the best efficacy-feasibility balance, outperforming theoretically superior but less practical options. Neutrosophic logic enabled management of inherent contradictions in clinical data by incorporating degrees of truth, falsity, and indeterminacy in the analysis. This approach provided a more faithful decision-making model for obstetric practice, where contextual factors are often decisive. The study not only validated established surgical strategies but also offered a reproducible protocol to optimize decisions in maternal-fetal emergencies, laying foundations for implementation in clinical support systems and future multicenter research.

Keywords: Neutrosophy, decision making, obstetric surgery, multicriteria methods, fuzzy logic, postpartum hemorrhage, neutrosophic COPRAS

1 Introducción

La rotura hepática en pacientes obstétricas es una condición médica poco frecuente, pero de alto riesgo, con

una elevada tasa de mortalidad materna y perinatal si no se maneja de manera oportuna y adecuada [1]. Esta patología puede presentarse en el contexto de trastornos hipertensivos del embarazo, como el síndrome de HELLP (hemólisis, elevación de enzimas hepáticas y plaquetopenia), eclampsia y preeclampsia severa, aunque también puede derivarse de traumatismos, coagulopatías o enfermedades hepáticas preexistentes[2], [3]. A nivel mundial, la rotura hepática en mujeres gestantes sigue siendo un desafío diagnóstico y terapéutico debido a su rápida evolución clínica y la dificultad para determinar la mejor estrategia quirúrgica en cada caso [4].

Las opciones terapéuticas incluyen desde el manejo conservador con medidas de soporte hasta procedimientos invasivos como la hepatorrafia, la embolización arterial y la hepatectomía parcial, dependiendo de la gravedad de la lesión y la estabilidad hemodinámica de la paciente [5], [6]. Sin embargo, la decisión sobre qué estrategia emplear no es sencilla, ya que involucra múltiples factores clínicos, anatómicos y pronósticos que deben ser evaluados en un corto período de tiempo.[7]

Los avances en cirugía hepática y cuidados críticos han mejorado significativamente las tasas de supervivencia en estos casos, pero la selección de la estrategia quirúrgica óptima sigue siendo un reto para los especialistas en medicina materno-fetal y cirugía general [8]. La incidencia de esta complicación varía ampliamente entre regiones, con una mayor prevalencia en países en vías de desarrollo donde el acceso a atención médica especializada es limitado [9]. En muchos de estos entornos, el diagnóstico se retrasa debido a la inespecificidad de los síntomas, lo que incrementa el riesgo de complicaciones hemorrágicas y falla multiorgánica.

La toma de decisiones en la selección de estrategias quirúrgicas para la rotura hepática en pacientes obstétricas enfrenta múltiples desafíos derivados de la incertidumbre y la variabilidad de cada caso clínico. Tradicionalmente, la decisión terapéutica se basa en la experiencia del equipo médico y en criterios generales establecidos en la literatura médica [1]. Sin embargo, esta aproximación puede no ser la más eficiente en situaciones en las que existen múltiples alternativas con diferentes grados de efectividad y riesgo. En este sentido, la lógica difusa y la lógica neutrosófica han emergido como herramientas valiosas para abordar la toma de decisiones en entornos médicos complejos.[10], [11,27]

La lógica difusa, introducida por Zadeh en 1965, permite modelar la incertidumbre inherente a los procesos mediante la asignación de grados de pertenencia a diferentes conjuntos de variables, lo que facilita la evaluación de escenarios clínicos con información imprecisa [12]. No obstante, la lógica difusa tradicional tiene limitaciones al no considerar explícitamente la indeterminación y la contradicción presentes en muchos procesos de decisión médica [13]. Para superar estas restricciones, la lógica neutrosófica, desarrollada por Smarandache, amplía el concepto de incertidumbre al introducir tres valores fundamentales: verdad, falsedad e indeterminación [14]. Esta característica permite un análisis más preciso de situaciones clínicas en las que los datos son incompletos o contradictorios, lo que la hace particularmente útil para la toma de decisiones en cirugía de emergencia y en el manejo de condiciones críticas.

La combinación de métodos de toma de decisiones multicriterio con lógica neutrosófica ha demostrado ser eficaz en la selección de alternativas en diversos campos. Métodos como el TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*), el COPRAS (*Complex Proportional Assessment*) y el VIKOR (*VIsekriterijumsko KOmpromisno Rangiranje*) han sido adaptados al entorno neutrosófico para mejorar la precisión en la elección de estrategias óptimas en escenarios con alta incertidumbre [15]–[17]. Estudios recientes han aplicado estas metodologías en la selección de tratamientos médicos en oncología, traumatología y gestión hospitalaria, evidenciando su utilidad para mejorar los procesos de decisión en contextos clínicos complejos. [11], [18], [19,28]

En el caso específico de la cirugía hepática en pacientes obstétricas, la aplicación de modelos de decisión basados en lógica neutrosófica pueden establecer un esquema estructurado para priorizar las opciones terapéuticas en función de criterios cuantificables y subjetivos, minimizando la subjetividad y el sesgo inherente al juicio clínico individual. Además, el uso de técnicas de análisis multicriterio con lógica neutrosófica podría facilitar la creación de protocolos clínicos más precisos y adaptables a diferentes contextos hospitalarios, lo que contribuiría a mejorar los resultados materno-fetales en estos casos de alta complejidad.

En este marco, el presente estudio tiene como objetivo demostrar la aplicabilidad del uso de métodos de decisión multicriterios en la selección de estrategias quirúrgicas óptimas para el control de la rotura hepática en pacientes obstétricas, utilizando un modelo de toma de decisiones basado en lógica neutrosófica. La relevancia de este estudio radica en su contribución al desarrollo de un marco metodológico que permita optimizar la toma de decisiones en el manejo quirúrgico de la rotura hepática en pacientes obstétricas. Al integrar métodos avanzados de decisión con lógica neutrosófica, se busca reducir la incertidumbre y mejorar la eficiencia en la selección de estrategias quirúrgicas, lo que puede traducirse en una disminución de la morbimortalidad materna y neonatal asociada a esta condición. Además, este enfoque podría servir como base para el diseño de sistemas de apoyo a la decisión clínica en otros ámbitos de la cirugía de emergencia, promoviendo una mayor precisión en la planificación de intervenciones críticas.

2. Antecedentes y fundamentos de la neutrosofía

Esta técnica de toma de decisiones multicriterio, propuesta por [20] puede expresarse generalmente de la siguiente manera. Consideramos un problema de decisión que consiste en m alternativas que deben evaluarse

considerando *n* criterios, donde x_{ij} representa el valor de la i-ésima alternativa según el j-ésimo criterio. La idea principal de la técnica COPRAS consta de los pasos que se describen a continuación:

Paso 1. Seleccionar el conjunto apropiado de criterios que describen las alternativas elegidas.

Paso 2. Preparar la matriz de decisión *X*:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} \dots & x_{1n} \\ x_{22} & x_{22} \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Paso 3. Determinar los pesos de los criteriosw_j.

Paso 4. Normalizar la matriz de decisión $\bar{X}$. Los valores de la matriz normalizada se determinan como:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}}; i = 1,2, \dots, m; j = 1,2, \dots, n \quad (2)$$

Paso 5. Calcular la matriz de decisión normalizada ponderada *D*, cuyos componentes se obtienen mediante:

$$d_{ij} = \bar{x}_{ij} \cdot w_j; i = 1,2, \dots, m; j = 1,2, \dots, n \quad (3)$$

Paso 6. Calcular la suma de los valores de los criterios según su dirección de optimización para cada alternativa:

$$P_{+i} = \sum_{j=1}^{L_{max}} d_{+ij};\ P_{-i} = \sum_{j=1}^{L_{min}} d_{-ij} \quad (4)$$

done d_{+ij} representa los criterios a maximizar y d_{-ij} los criterios a minimizar.

Paso 7. Determinar el valor mínimo de P_{-i}:

$$P_{-min} = min_i P_{-i}; i = 1,2, \dots, L_{min} \quad (5)$$

Paso 8**.** Calcular el valor de puntuación Q_i para cada alternativa:

$$Q_i = P_{+i} + \frac{P_{-min} \sum_{j=1}^{L_{min}} P_{-j}}{P_{-i} \sum_{j=1}^{L_{min}} \frac{P_{-min}}{P_{-j}}}; j = 1, \dots, L_{min} \quad (6)$$

Paso 9. Determinar el criterio de optimalidad K para las alternativas:

$$K = max_i Q_i\ ; i = 1,2, \dots, m \quad (7)$$

Paso 10. Establecer la prioridad de las alternativas. Un mayor valor Q_i indica una mayor prioridad (rango) de la alternativa.

3. Conjuntos Neutrosóficos

Definición 1. Sea X un espacio de objetos y $x \in X$. Un conjunto neutrosófico A en X se define mediante tres funciones: función de pertenencia a la verdad $T_A\ (x)$, función de pertenencia a la indeterminacion $I_A\ (x)$ y función de pertenencia a la falsedad $F_A\ (x)$. Estas funciones están definidas sobre subconjuntos estándar o no estándar de $]0^-, 1^+[$. Es decir:

$T_A\ (x)$: $X \rightarrow]0^-, 1^+[$, $I_A\ (x)$: $X \rightarrow]0^-, 1^+[$ y $F_A\ (x)$: $X \rightarrow]0^-, 1^+[$.

No existe restricción en la suma de of $T_A\ (x)$, $I_A\ (x)$ y $F_A\ (x)$, so $0^- \leq supT_A(x) + \ supI_A(x) + supF_A(x) \leq 3^+$.

3.1 Conjunto Neutrosófico de Valor Único

Un conjunto neutrosófico de valor único (SVNS) se ha definido como se describe en [21].

Definición 2. Let X be a universal space of the objects and $x \in X$. A single valued neutrosophic set (SVNS) $\tilde{N} \subset X$ can be expressed as

$$\tilde{N} = \{\langle x, T_{\tilde{N}}(x), I_{\tilde{N}}(x), F_{\tilde{N}}(x)\rangle : x \in X\} \quad (8)$$

where $T_{\tilde{N}}(x)$: $X \rightarrow][0,1]$, $I_{\tilde{N}}(x)$: $X \rightarrow][0,1]$ *and* $F_{\tilde{N}}(x)$: $X \rightarrow][0,1]$

whith $0 \leq T_{\tilde{N}}(x) + \ I_{\tilde{N}}(x) + F_{\tilde{N}}(x) \leq 3$ or all $x \in X$. The values $T_{\tilde{N}}(x)$, $I_{\tilde{N}}(x)$ and $F_{\tilde{N}}(x)$ correspond to truth-membership degree, the indeterminacy-membership degree and the falsity-membership degree of x to $\tilde{N}$, respectively. For the case when X consists of the single element, $\tilde{N}$ is called a single valued neutrosophic number [22][23]. For the sake of the simplicity, a single valued neutrosophic number is expressed by $\tilde{N}_A = (t_A, i_A, f_A)$ where $t_A, i_A, f_A \in [0,1]$ and $0 \leq t_A + \ i_A + \ f_A \leq 3$.

Definición 3 Sea $\tilde{N}_1 = \ (t_1, i_1, f_1)$ y $\tilde{N}_2 = \ (t_2, i_2, f_2)$ dos números SVN. La suma entre $\tilde{N}_1$ and $\tilde{N}_2$ se define como:

$$\tilde{N}_1 + \tilde{N}_2 = (t_1+t_2 - t_1t_2, i_1i_2, f_1f_2) \quad (9)$$

Definición 4 Sea $\tilde{N}_1 = (t_1, i_1, f_1)$ y $\tilde{N}_2 = (t_2, i_2, f_2)$ dos números SVN. La multiplicación entre $\tilde{N}_1$ y $\tilde{N}_2$ se define como:

$$\tilde{N}_1 * \tilde{N}_2 = (t_1t_2, i_1+i_2 - i_1i_2, f_1+f_2 - f_1f_2) \quad (10)$$

Definición 5. Sea $\tilde{N} = (t, i, f)$ un número SVN y $\lambda \in \mathbb{R}$ un número real positivo arbitrario. Entonces:

$$\lambda\tilde{N} = \left(1 - (1 - t)^{\lambda}, i^{\lambda}, f^{\lambda}\right), \lambda > 0 \quad (11)$$

Definición 6. Si A= $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, y B= $\{B_1, B_2, \dots, B_n\}$ (i= 1, 2,…,m) son dos conjuntos neutrosóficos de valor único, la medida de separación entre A y B aplicando la distancia euclidiana normalizada se puede expresar como:

$$q_n(A,B) = \sqrt{\frac{1}{3n}\sum_{j=1}^{n}\left(\left(t_A(x_i) - t_B(x_i)\right)\right)^2 + \left(\left(i_A(x_i) - i_B(x_i)\right)\right)^2 + \left(\left(f_A(x_i) - f_B(x_i)\right)\right)^2}$$

$$(i = 1,2, \dots, n) \quad (12)$$

Definición 7. Sea A = (a,b,c) un número neutrosófico de valor único. Una función de puntuación mapea $\tilde{N}_A$ a un valor escalar $S(\tilde{N}_A)$ de la siguiente manera:

$$S(\tilde{N}_A) = \frac{3+t_A-2i_A-f_A}{4} \quad (13)$$

donde $S(\tilde{N}_A) \in [0,1]$. Esta función de puntuación, una modificación de la propuesta por permite obtener resultados en el mismo intervalo en el que se trabaja con números neutrosóficos de valor único.

El concepto de variable lingüística es útil para resolver problemas de decisión con contenido complejo. Cada valor lingüístico se representa mediante un número neutrosófico de valor único (SVNN).

En este método, participan k decisores, mm alternativas y n criterios. Los decisores evalúan la importancia de las alternativas bajo los criterios y clasifican su desempeño mediante términos lingüísticos convertidos a SVNNs. La Tabla 1 muestra los pesos de importancia basados en SVNNs para cada término lingüístico.

Table 1: Términos lingüísticos y sus SVNNs correspondientes. Fuente:[17].

Linguistic terms	SVNNs
Extremadamente bueno (EG) / 10 pts	(1.00, 0.00, 0.00)
Muy muy bueno (VVG) / 9 pts	(0.90, 0.10, 0.10)
Muy bueno (VG) / 8 pts	(0.80, 0.15, 0.20)
Bueno (G) / 7 pts	(0.70, 0.25, 0.30)
Medianamente bueno (MG) / 6 pts	(0.60, 0.35, 0.40)
Medio (M) / 5 pts	(0.50, 0.50, 0.50)
Medianamente malo (MB) / 4 pts	(0.40, 0.65, 0.60)
Malo (B) / 3 pts	(0.30, 0.75, 0.70)
Muy malo (VB) / 2 pts	(0.20, 0.85, 0.80)
Muy muy malo (VVB) / 1 pt	(0.10, 0.90, 0.90)
Extremadamente malo (EB) / 0 pts	(0.00, 1.00, 1.00)

Procedimiento del Método COPRAS-SVNS

Paso 1. Determinar la importancia de los expertos: Si la decisión es tomada por un grupo de expertos, se define un vector de pesos $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k)$ donde $\lambda_k \geq 0$ and $\sum_{k=1}^{K} \lambda_k = 1$.

Paso 2. Construir la matriz de decisión por experto: Cada experto kk evalúa las alternativas A_i respecto a los criterios C_j usando términos lingüísticos (Tabla 1). La matriz de decisión para el experto k es:

$$X^k = \begin{bmatrix} x^k{}_{11} & x^k{}_{12} \dots & x^k{}_{1n} \\ x^k{}_{22} & x^k{}_{22} \dots & x^k{}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x^k{}_{m1} & x^k{}_{m2} \dots & x^k{}_{mn} \end{bmatrix} \quad (14)$$

Paso 3. Calcular los pesos agregados de los criterios. Los pesos agregados w_j se determinan mediante:

$$\mathrm{w}_j = \lambda_1 \mathrm{w}_j^{(1)} \cup \lambda_2 \mathrm{w}_j^{(2)} \cup \dots \cup \lambda_k \mathrm{w}_j^{(k)} = \left(1 - \prod_{k=1}^{K} \left(1 - t_j{}^{(w_k)}\right)^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^{K} \left(i_j{}^{(w_k)}\right)^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^{K} \left(f_j{}^{(w_k)}\right)^{\lambda_k}\right) \quad (15)$$

Paso 4. Construir la matriz de decisión ponderada agregada

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{22} & \tilde{x}_{22} \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (16)$$

Donde cada elemento $\tilde{x}_{ij} = (\tilde{t}_{ij}, \tilde{\imath}_{ij}, \tilde{f}_{ij})$ representa el rating de A_i con respecto al criterio j y se determina como sigue:

$$\tilde{x}_{ij} = \lambda_1 \mathrm{x}_{ij}^{(1)} \cup \lambda_2 \mathrm{x}_{ij}^{(2)} \cup \dots \cup \lambda_k \mathrm{x}_{ij}^{(k)} = \left(1 - \prod_{k=1}^{K} \left(1 - t_j{}^{(x_k)}\right)^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^{K} \left(i_j{}^{(x_k)}\right)^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^{K} \left(f_j{}^{(x_k)}\right)^{\lambda_k}\right) \quad (17)$$

Paso 5. Determinar la matriz de decisión ponderada: Utilizando la Eq. (3), la matriz ponderada puede ser expresada como $D = \left\lfloor d_{ij} \right\rfloor, d = 1,2,\dots,m; j = 1,2,\dots,n,$ donde $d_{ij} = \tilde{x}_{ij} * w_j$. Aplicando Eq. (10), Cada elemento $d_{ij} se\ calcula\ como$:

$$d_{ij} = t_{ij}^{\tilde{x}} t_j^w, i_{ij}^{\tilde{x}} + i_j^w - i_{ij}^{\tilde{x}} i_j^w, f_{ij}^{\tilde{x}} + f_j^w - f_{ij}^{\tilde{x}} f_j^w \quad (18)$$

Paso 6. Sumar los valores para criterios de beneficio. Si $L_+ = \{1,2,\dots,L_{max}\}$ son los criterios a maximizar, el índice de beneficio para cada alternativa es:

$$P_{+i} = \sum_{j=1}^{L_{max}} d_{+ij} \quad (19)$$

Paso 7. Sumar los valores para criterios de costo. Si $L_- = \{1,2,\dots,L_{min}\}$ son los criterios a minimizar, el índice de costo es:

$$P_{-i} = \sum_{j=1}^{L_{min}} d_{-ij} \quad (20)$$

Paso 8. Determinar el valor mínimo de P_{-i}.

Paso 9. Calcular el valor de puntuación Q_i. Primero se calculan las puntuaciones $S(P_{+i})$ y $S(P_{-i})$ usando (13). Luego:

$$Q_i = S(P_{+i}) + \frac{S(P_{-min}) \sum_{i=1}^{L_{min}} S(P_{-i})}{S(P_{-min}) \sum_{i=1}^{L_{min}} \frac{S(P_{-min})}{S(P_{-i})}} \quad (21)$$

Paso 10. Determinar el criterio de optimalidad K.

$$K = max_i Q_i; i = 1,2,\dots,m \quad (22)$$

Paso 11. Priorizar las alternativas. La alternativa con mayor Q_i tiene la prioridad más alta.

4. Resultados

Se recibió en la unidad de emergencias a una paciente obstétrica de 40 años en estado crítico, transportada en ambulancia por el sistema de emergencia ECU 911. La paciente llegó acompañada por dos médicos que habían iniciado maniobras de reanimación cardiopulmonar (RCP) tras un episodio de paro cardiorrespiratorio. A su ingreso, se encontraba en reanimación avanzada con ventilación mecánica de transporte y medicación de soporte. Se evidenció una pérdida sanguínea significativa con la presencia de sangre rojo rutilante en la camilla de traslado. Se procedió a la estabilización inmediata en el área crítica y se activó el protocolo de transfusión masiva.

Durante la valoración inicial, se observó que la paciente presentaba un abdomen abierto con una funda de Bogotá artesanal, con sangrado activo, lo que motivó su traslado inmediato al quirófano para una laparotomía exploratoria y cirugía de control de daños. Se confirmó la presencia de hemoperitoneo de 1000 ml, abundantes coágulos perihepáticos y un hematoma subcapsular hepático roto. Se identificaron suturas hemostáticas en los segmentos V y VI del hígado sin signos de sangrado activo masivo. El útero presentó una sutura de cesárea sin signos de sangrado activo. Se realizó un empaquetamiento hepático con 14 compresas y se colocó un drenaje tipo Jackson Pratt.

El análisis de laboratorio inicial reveló anemia moderada, coagulopatía, acidosis metabólica severa y disfunción hepática significativa. La paciente presentaba un cuadro de insuficiencia multiorgánica derivada de la hemorragia masiva y el shock hipovolémico.

Ante la variabilidad en los abordajes quirúrgicos para la ruptura hepática en pacientes obstétricas con síndrome de HELLP, se estableció la necesidad de aplicar un método de toma de decisiones multicriterio. Se consideró el empleo del método COPRAS con el objetivo de identificar la estrategia óptima considerando cuatro criterios esenciales: tasa de supervivencia (C1), riesgo de resangrado (C2), tiempo quirúrgico (C3) y complejidad técnica (C4).

Para la selección de alternativas, se tomaron en cuenta las opciones reportadas en la literatura. De acuerdo con [6] en la literatura se han utilizado diferentes enfoques como manejo conservador, ligadura de la arteria hepática, embolización arterial, hepatorrafia, empaquetamiento hepático, uso de esponjas de colágeno, malla absorbible, pegamento de fibrina, coagulación con láser de argón, factor recombinante VIIa, resección hepática parcial y trasplante hepático.

Con el fin de realizar las evaluaciones a las alternativas consideradas, se asignaron pesos de los criterios con base en la valoración de un panel de 5 expertos compuesto por obstetras, cirujanos y médicos intensivistas. Las evaluacione se llevaron a cabo teniendo en cuenta los valores lingüísticos presentados en la Tabla 1. A continuación se presentan los valores obtenidos.

Tabla 2: Vector de pesos de los criterios evaluados.

Criterio de evaluación	Vector de pesos
Tasa de supervivencia	(0.879;0.120;0.114)
Riesgo de resangrado	(0.684;0.315;0.301)
Tiempo quirúrgico	(0.552;0.501;0.527)
Complejidad técnica	(0.303;0.696;0.666)

Fuente: Elaboración propia

El panel de expertos valoró las alternativas disponibles considerando la influencia de cada criterio predefinido, utilizando como referencia las puntuaciones establecidas en la Tabla 1. Posteriormente, estos datos fueron transformados en conjuntos neutrosóficos para facilitar su integración en el análisis multicriterio. Las valoraciones emitidas constituyeron el fundamento para la implementación de las operaciones metodológicas que determinan la construcción de la matriz de decisión. Mediante la aplicación de la ecuación (17) -referente al proceso de normalización y ponderación neutrosófica- se deriva la matriz de decisión preliminar (Tabla 3), la cual sintetiza los resultados cuantitativos obtenidos tras la ejecución secuencial del algoritmo propuesto.

Tabla 3: Matriz de decisión inicial normalizada.

Alternativas	Supervivencia	Riesgo de resangrado	Tiempo quirúrgico	Complejidad técnica
Ligadura de arteria hepática	(0.67,0.33,0.289)	(0.601,0.411,0.381)	(0.35,0.75,0.8)	(0.725,0.275,0.251)
Trasplante hepático	(0.81,0.19,0.19)	(0.856,0.144,0.132)	(0.75,0.25,0.2)	(0.35,0.75,0.8)
Empaquetamiento hepático	(0.463,0.602,0.606)	(0.2,0.8,0.8)	(0.685,0.315,0.302)	(0.75,0.25,0.2)
Coagulación con láser de argón	(0.725,0.275,0.251)	(0.725,0.275,0.251)	(0.618,0.393,0.398)	(0.565,0.435,0.416)
Malla absorbible	(0.618,0.393,0.398)	(0.618,0.393,0.398)	(0.834,0.166,0.158)	(0.445,0.588,0.603)
Factor VIIa recombinante	(0.761,0.275,0.251)	(0.856,0.144,0.132)	(0.541,0.472,0.457)	(0.491,0.555,0.552)
Resección hepática parcial	(0.88,0.12,0.115)	(0.771,0.229,0.219)	(0.834,0.166,0.158)	(0.35,0.75,0.8)
Embolización arterial	(0.621,0.379,0.347)	(0.565,0.435,0.416)	(0.445,0.588,0.603)	(0.35,0.75,0.8)
Esponjas de colágeno	(0.618,0.393,0.398)	(0.407,0.61,0.618)	(0.856,0.144,0.132)	(0.35,0.75,0.8)
Hepatorrafia	(0.601,0.411,0.381)	(0.484,0.531,0.514)	(0.35,0.75,0.8)	(0.856,0.144,0.132)
Pegamento de fibrina	(0.855,0.15,0.152)	(0.862,0.138,0.138)	(0.35,0.75,0.8)	(0.856,0.144,0.132)

Fuente: Elaboración propia

La matriz de decisión inicial constituye el punto de partida para implementar las transformaciones metodológicas prescritas por el algoritmo de resolución. La aplicación de la ecuación (19) -que encapsula el proceso de

ponderación neutrosófica- genera como salida la matriz de decisión ponderada, cuyos valores normalizados se presentan analíticamente en la Tabla 4.

Tabla 4: Matriz de decisión normalizada ponderada.

Alternativas	Supervivencia	Riesgo de resangrado	Tiempo quirúrgico	Complejidad técnica
Ligadura de arteria hepática	(0.59;0.41;0.371)	(0.411;0.597;0.568)	(0.194;0.875;0.906)	(0.22;0.78;0.75)
Trasplante hepático	(0.713;0.287;0.283)	(0.586;0.414;0.394)	(0.415;0.626;0.622)	(0.106;0.924;0.933)
Empaquetamiento hepático	(0.407;0.65;0.651)	(0.137;0.863;0.86)	(0.379;0.658;0.67)	(0.228;0.772;0.733)
Coagulación con láser de argón	(0.638;0.362;0.337)	(0.496;0.504;0.477)	(0.342;0.697;0.716)	(0.171;0.829;0.805)
Malla absorbible	(0.544;0.466;0.467)	(0.423;0.584;0.58)	(0.461;0.584;0.602)	(0.135;0.875;0.867)
Factor VIIa recombinante	(0.67;0.362;0.337)	(0.586;0.414;0.394)	(0.299;0.737;0.744)	(0.149;0.865;0.85)
Resección hepática parcial	(0.774;0.226;0.217)	(0.528;0.472;0.455)	(0.461;0.584;0.602)	(0.106;0.924;0.933)
Embolización arterial	(0.546;0.454;0.422)	(0.387;0.613;0.592)	(0.246;0.795;0.813)	(0.106;0.924;0.933)
Esponjas de colágeno	(0.544;0.466;0.467)	(0.279;0.733;0.733)	(0.473;0.573;0.59)	(0.106;0.924;0.933)
Hepatorrafia	(0.529;0.482;0.452)	(0.331;0.679;0.661)	(0.194;0.875;0.906)	(0.26;0.74;0.71)
Pegamento de fibrina	(0.752;0.252;0.249)	(0.59;0.41;0.398)	(0.194;0.875;0.906)	(0.26;0.74;0.71)

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis multicriterio realizado, se estableció que el Criterio 1 (tasa de supervivencia) corresponde a un criterio de beneficio, donde valores mayores indican mejores resultados clínicos. Por el contrario, los criterios restantes (riesgo de resangrado, tiempo quirúrgico y complejidad técnica) fueron clasificados como criterios de costo, requiriendo su minimización. Esta distinción fundamental permitió calcular los coeficientes de preferencia según la metodología empleada, cuyos valores finales -derivados de la aplicación secuencial del algoritmo- se presentan cuantitativamente en la Tabla 5.

Tabla 5: Valores de Pi, S(P) y valor de puntuación Q para cada alternativa.

Alternativas	Pi+	Pi-	S(P+)	S(P-)	Q
Ligadura de arteria hepática	(0.59; 0.41; 0.371)	(0.63; 0.407; 0.386)	0.6	0.6080	0.6700
Trasplante hepático	(0.713; 0.287; 0.283)	(0.784; 0.239; 0.229)	0.714	0.7690	0.5330
Empaquetamiento hepático	(0.407; 0.65; 0.651)	(0.586; 0.438; 0.422)	0.364	0.5720	0.7380
Coagulación con láser de argón	(0.638; 0.362; 0.337)	(0.725; 0.291; 0.275)	0.644	0.7170	0.5730
Malla absorbible	(0.544; 0.466; 0.467)	(0.731; 0.298; 0.303)	0.536	0.7080	0.5890
Factor VIIa recombinante	(0.67; 0.362; 0.337)	(0.753; 0.264; 0.249)	0.652	0.7440	0.5540
Resección hepática parcial	(0.774; 0.226; 0.217)	(0.773; 0.255; 0.256)	0.776	0.7520	0.5390
Embolización arterial	(0.546; 0.454; 0.422)	(0.587; 0.45; 0.449)	0.554	0.5600	0.7270
Esponjas de colágeno	(0.544; 0.466; 0.467)	(0.66; 0.388; 0.403)	0.536	0.6200	0.6650
Hepatorrafia	(0.529; 0.482; 0.452)	(0.601; 0.44; 0.425)	0.528	0.5740	0.7150
Pegamento de fibrina	(0.752; 0.252; 0.249)	(0.756; 0.266; 0.256)	0.75	0.7420	0.5480

Fuente: Elaboración propia

El análisis reveló patrones significativos en la jerarquización de alternativas quirúrgicas para el manejo de la rotura hepática en síndrome HELLP. El empaquetamiento hepático y la embolización arterial emergieron como las estrategias con mejor balance global, no solo por su eficacia clínica demostrada, sino por su adaptabilidad a contextos reales con restricciones de recursos. Por otro lado, llama la atención cómo técnicas aparentemente menos sofisticadas, como el empaquetamiento, superaron en preferencia a intervenciones de mayor complejidad como el trasplante hepático. Esta singularidad se explicó al considerar que el modelo ponderó no solo la supervivencia, sino también la complejidad técnica y el tiempo quirúrgico.

Por otro lado, alternativas más innovadoras como el láser de argón o las mallas absorbibles mostraron un desempeño intermedio, sugiriendo que su valor óptimo podría estar condicionado a entornos con infraestructura especializada. En definitiva, los resultados obtenidos validaron la hipótesis inicial sobre la utilidad de los métodos

neutrosóficos para reducir la incertidumbre en decisiones complejas, donde factores subjetivos suelen generar conflictos en la práctica clínica convencional.

La aplicación de la lógica neutrosófica permitió manejar las contradicciones inherentes a los datos clínicos, particularmente en criterios como el riesgo de resangrado, donde la evidencia suele ser fragmentaria. El método demostró especial robustez al equilibrar información cuantitativa con el juicio experto, evitando así sesgos hacia opciones teóricamente ideales, pero poco prácticas. Estos resultados ofrecieron un marco reproducible para la toma de decisiones en obstetricia crítica, donde la selección terapéutica tradicionalmente ha dependido de aproximaciones intuitivas. La consistencia entre las alternativas mejor evaluadas y los reportes de supervivencia en literatura especializada consolidan la validez externa del modelo propuesto. [29,30]

5. Discusión

Los hallazgos obtenidos mediante la aplicación del método bajo lógica neutrosófica demostraron cómo este enfoque logró capturar la complejidad inherente a la toma de decisiones en escenarios obstétricos. La naturaleza indeterminada de ciertos parámetros clínicos encontró un marco de análisis adecuado en esta metodología. La ventaja principal del método radicó en su capacidad para manejar simultáneamente certidumbre, incertidumbre e inconsistencia en los datos, algo que los modelos tradicionales de decisión suelen pasar por alto. [31,32]

Al contrastar los resultados con la práctica clínica convencional, surgieron coincidencias reveladoras. El empaquetamiento hepático, estrategia ampliamente utilizada en contextos de recursos limitados, confirmó su posición privilegiada en el ranking [25]. Sin embargo, la lógica neutrosófica permitió visualizar matices importantes: su ventaja no fue absoluta, sino contextual. En entornos con acceso a radiología intervencionista, la embolización arterial mostró un perfil competitivo que los modelos binarios podrían haber subestimado. Esta flexibilidad interpretativa constituyó uno de los aportes más valiosos del enfoque.

Resultó particularmente interesante observar cómo el modelo resolvió las aparentes contradicciones entre eficacia teórica y aplicabilidad práctica. Técnicas como el trasplante hepático, pese a sus altas tasas de supervivencia reportadas en literatura[26], aparecieron relegadas en la evaluación multicriterio al incorporar variables como tiempo quirúrgico y complejidad técnica. Esta jerarquización coincide con la experiencia clínica real, donde factores logísticos frecuentemente condicionan las opciones disponibles.

La integración de la lógica neutrosófica con métodos multicriterio superó las limitaciones de los análisis unidimensionales. Al permitir que cada alternativa fuera evaluada como una entidad con grados variables de verdad, falsedad e indeterminación, el modelo reflejó con mayor fidelidad el proceso cognitivo de los equipos médicos ante emergencias obstétricas. Los resultados no solo validaron estrategias existentes, sino que identificaron combinaciones óptimas según contextos específicos, demostrando el potencial transformador de esta aproximación metodológica en la medicina materno-fetal. [33]

6. Conclusiones

La aplicación de métodos de decisión multicriterio en combinación con lógica neutrosófica permitió establecer un marco objetivo para seleccionar estrategias quirúrgicas en rotura hepática por síndrome HELLP. El enfoque integró variables que suelen analizarse por separado, generando una jerarquización de alternativas que reflejó tanto la evidencia disponible como las restricciones prácticas. Esto demostró que los modelos neutrosóficos pueden reducir la subjetividad en decisiones críticas, especialmente al manejar datos incompletos o contradictorios, como los asociados a complicaciones obstétricas graves.

El estudio aportó un protocolo reproducible para contextos donde la urgencia clínica limita el análisis exhaustivo, validando técnicas como el empaquetamiento hepático y la embolización arterial como opciones equilibradas entre eficacia y factibilidad. La metodología empleada mostró potencial para adaptarse a otros escenarios de medicina materno-fetal donde coexisten múltiples criterios conflictivos. Como línea futura, se identificó la necesidad de implementar estos modelos en plataformas digitales que faciliten su uso durante emergencias, así como ampliar su validación en cohortes multicéntricas para refinar los pesos asignados a cada criterio clínico.

Referencias

[1] J. V Caballero-Cuevas and L. C. Jiménez-Ibáñez, "Ruptura hepática espontánea en paciente con síndrome HELLP," *Cir. Cir.*, vol. 90, no. 2, pp. 256–261, 2022, [Online]. Available: https://doi.org/10.24875/ciru.20000928.

[2] M. Lallemant and R. Ramanah, "Urgencias quirúrgicas no obstétricas en el embarazo," *EMC-Ginecología-Obstetricia*, vol. 58, no. 1, pp. 1–17, 2022, [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/S1283-081X(22)46053-X

[3] J. Cruz-Santiago *et al.*, "Ruptura hepática en el síndrome de HELLP. Revisión del tratamiento quirúrgico,"

Cir. Gen., vol. 42, no. 1, pp. 31–37, 2020, [Online]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-00992020000100031&script=sci_arttext.

[4] T. Á. R. Ocaña, A. F. R. Moya, D. X. R. Valencia, and K. S. Almache, "Trastornos hipertensivos del embarazo en cuidados intensivos," *Conoc. Glob.*, vol. 9, no. 3, pp. 325–334, 2024, [Online]. Available: https://conocimientoglobal.org/revista/index.php/cglobal/article/view/479.

[5] P. A. Calvo, S. A. Villavicencio, and C. G. Carvajal, "Síndrome de HELLP, una triada que puede llegar a ser mortal, revisión breve," *Rev. Médica Sinerg.*, vol. 7, no. 07, 2022, [Online]. Available: https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=106394.

[6] C. Pacheco-Molina, H. Vergara-Miranda, L. A. Álvarez-Lozada, and F. Vásquez-Fernández, "Manejo de la ruptura hepática espontánea en el síndrome de HELLP," *Rev. Colomb. Cirugía*, vol. 36, no. 3, pp. 549–553, 2021, [Online]. Available: https://doi.org/10.30944/20117582.664.

[7] A. J. T. Alcívar, M. L. C. Ayala, K. E. R. Gómez, and E. R. R. Morán, "Factores clínicos y quirúrgicos que influyen en la indicación de cesárea en paciente con preeclampsia con signos de severidad," *Dominio las Ciencias*, vol. 8, no. 2, p. 8, 2022, [Online]. Available: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8548182.

[8] K. M. Carrasquilla *et al.*, "Anesthetic complications in patients with preeclampsia with severity criteria," *Ginecol. Obstet. Mex.*, vol. 92, no. 8, pp. 315–325, 2024, [Online]. Available: https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=117316.

[9] J. F. Sani Palacios, "Conducta obstétrica en multípara de 39 años de edad embarazada de 26 semanas con ruptura hepática." (Tesis de Grado) Universidad Técnica de Babahoyo, 2021, [Online]. Available: https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9407.

[10] O. M. Cornelio, L. A. Santos, B. B. Fonseca, and K. D. Hernández, "Sistema para la gestión de información como de apoyo al diagnóstico médico basado en mapa cognitivo difuso," *Rev. Científica Arbitr. Multidiscip. PENTACIENCIAS*, vol. 5, no. 2, pp. 145–158, 2023, [Online]. Available: http://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/606.

[11] J. Estupiñán Ricardo, M. Y. Leyva Vázquez, S. D. Álvarez Gómez, J. E. Alfonso Manzanet, and O. E. Velázquez-Soto, "La aplicación de la neutrosofía en las ciencias médicas: una revisión bibliográfica narrativa," *Rev. Cuba. Inf. en Ciencias la Salud*, vol. 34, 2023, [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2307-21132023000100048&script=sci_arttext.

[12] M. V. V. Villa, R. E. V. Flores, M. K. F. Escobar, and M. G. C. García, "Lógica difusa: un escudo para la estabilidad financiera cooperativa. Caso de estudio: Cooperativa Sumac Llacta Ltda.," *Esprint Investig.*, vol. 3, no. 3, pp. 123–136, 2024, [Online]. Available: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9898535.

[13] A. Rezaei, T. Oner, T. Katikan, F. Smarandache, and N. Gandotra, "A short history of fuzzy, intuitionistic fuzzy, neutrosophic and plithogenic sets," *Int. J. Neutrosophic Sci.*, vol. 18, no. 1, pp. 99–116, 2022, [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/math_fsp/573/.

[14] F. I. Estrabao, M. L. Vázquez, S. A. F. Rojas, and R. G. Ortega, "Mapas cognitivos neutrosóficos para el análisis de la vulnerabilidad socioeconómica," *Neutrosophic Comput. Mach. Learn. ISSN 2574-1101*, vol. 15, pp. 11–16, 2021, [Online]. Available: http://fs.unm.edu/NCML2/index.php/112/article/view/124/421.

[15] C. E. P. Hernández, E. T. M. Á. E. Toni, V. Shagnay, and S. G. Enríquez, "Priorization of educational strategies on nutrition and its correlation in anthropometry in children from 2 to 5 years with neutrosophic topsis," *Neutrosophic Sets Syst.*, vol. 34, no. 1, pp. 9–15, 2020.

[16] H. Eroğlu and R. Şahin, "A neutrosophic VIKOR method-based decision-making with an improved distance measure and score function: case study of selection for renewable energy alternatives," *Cognit. Comput.*, vol. 12, no. 6, pp. 1338–1355, 2020, [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s12559-020-09765-x.

[17] A. Baušys, Romualdas Zavadskas, Edmundas Kazimieras; Kaklauskas, "Application of neutrosophic set to multicriteria decision making by COPRAS.," *Econ. Comput. Econ. Cybern. Stud. Res.*, vol. 49, no. 2, pp. 91–106, 2015, [Online]. Available: https://web.s.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=0424267X&AN=103289301&h=jIrXM9iijjKoYT8ykwy%2B87HK5evfqubSPhumFRr7FaxvfZleBqe4eY6Pi%2BPz6e39mu6e1YCxowiXWEbFV7y%2F%2Fw%3D%3D&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&result.

[18] O. A. Guerrero, J. E. J. Carrera, and C. O. B. Villa, "Tratamiento del insulinoma. Nuevo modelo de decisión," *Neutrosophic Comput. Mach. Learn. ISSN 2574-1101*, vol. 22, pp. 293–300, 2022, [Online]. Available: http://fs.unm.edu/NCML2/index.php/112/article/view/235.

[19] O. Ernesto Velázquez-Soto and Y. Alcaide Guardado, "Algunas consideraciones sobre las relaciones

entre la Neutrosofía y las Ciencias Médicas," *MediSur*, vol. 20, no. 6, pp. 1006–1010, 2022, [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1727-897X2022000601006&script=sci_arttext&tlng=en.

[20] E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas, and V. Sarka, "The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects," *Technol. Econ. Dev. Econ.*, vol. 1, no. 3, pp. 131–139, 1994.

[21] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, "Single valued neutrosophic sets," *Rev. Air Force Acad.*, vol. 17, no. 1, pp. 10–14, 2010, [Online]. Available: https://philpapers.org/archive/SMACPV.pdf#page=411. [Online]. Available: https://etalpykla.vilniustech.lt/handle/123456789/111916

[22] J. Peng, J. Wang, H. Zhang, and X. Chen, "An outranking approach for multi-criteria decision-making problems with simplified neutrosophic sets," *Appl. Soft Comput.*, vol. 25, pp. 336–346, 2014, [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1568494614004396.

[23] H. Zhang, J. Wang, and X. Chen, "An outranking approach for multi-criteria decision-making problems with interval-valued neutrosophic sets," *Neural Comput. Appl.*, vol. 27, no. 3, pp. 615–627, 2016.

[24] R. Şahin and A. Küçük, "Subsethood measure for single valued neutrosophic sets," *J. Intell. Fuzzy Syst.*, vol. 29, no. 2, pp. 525–530, 2015, [Online]. Available: https://content.iospress.com/articles/journal-of-intelligent-and-fuzzy-systems/ifs1304. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s00521-015-1882-3

[25] S. A. Alexandra Ximena and J. C. Mónica Susana, "Síndrome de hellp y su morbi-mortalidad en el embarazo. Hospital Provincial General Docente, Riobamba 2019." (Tesis de Grado) Universidad Nacional de Chimborazo, 2021.

[26] O. Santos *et al.*, "Experiencia del trasplante hepático en Latinoamérica: en un centro médico en Colombia," *Colomb Med*, vol. 46, no. 1, pp. 8–13, 2015, [Online]. Available: https://biblat.unam.mx/hevila/Colombiamedica/2015/vol46/no1/2.pdf.

[27] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[28] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[29] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[30] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[31] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[32] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[33] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 21, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Evaluación neutrosófica de técnicas de cierre abdominal para prevenir hernias incisionales

Neutrosophic evaluation of abdominal closure techniques for incisional hernia prevention

Jonathan Luis Gonzabay Muñoz [1], Mónica Gabriela Chachalo Sandoval [2], and Oscar David Salazar Correa [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra., Ecuador. ui.jonathangm18@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. monicacs48@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. docentettp115@uniandes.edu.ec

Resumen. El presente estudio tuvo como objetivo determinar las técnicas de cierre de la pared abdominal más efectivas para prevenir hernias incisionales, empleando un modelo neutrosófico multicriterio. Este enfoque integró datos clínicos con grados de incertidumbre, permitiendo una evaluación completa de las alternativas. Se realizaron revisiones bibliográficas sobre diversas técnicas quirúrgicas, seleccionando seis métodos ampliamente documentados. Un grupo de expertos evaluó estas técnicas según tres criterios: resistencia biomecánica, impacto en la recuperación del paciente y la incidencia de complicaciones postoperatorias. A través de la aplicación de la metodología neutrosófica, se calcularon los valores de los operadores para establecer una correlación entre las técnicas y los criterios de evaluación. Los resultados mostraron que la sutura continua con pequeñas tomas presentó la mayor efectividad. Se recomendó utilizar técnicas más efectivas en función de las condiciones del paciente y la experiencia del cirujano. El uso de la teoría neutrosófica resultó crucial para manejar la incertidumbre inherente a los datos clínicos, permitiendo una evaluación más precisa y flexible de las técnicas analizadas, lo que optimizó la toma de decisiones .

Palabras Claves: hernia incisional, lógica neutrosófica, toma de decisiones multicriterio, cierre abdominal, correlación SVNS.

Abstract. This study aimed to determine the most effective abdominal wall closure techniques for preventing incisional hernias using a neutrosophic multicriteria decision-making model. This approach integrated clinical data with uncertainty degrees, enabling a comprehensive evaluation of alternatives. A systematic literature review was conducted on various surgical techniques, identifying six well-documented methods. An expert panel assessed these techniques according to three criteria: biomechanical resistance, patient recovery impact, and postoperative complication rates. Through neutrosophic methodology, operator values were calculated to establish correlations between techniques and evaluation criteria. Results demonstrated that continuous small-bite suturing showed superior effectiveness. The study recommends selecting techniques based on patient conditions and surgical expertise. Neutrosophic theory proved essential for handling inherent clinical data uncertainty, enabling more precise and flexible technique assessments that optimized decision-making processes.

Keywords: incisional hernia, neutrosophic logic, multicriteria decision-making, abdominal closure, SVNS correlation

1 Introducción

La hernia incisional representa una de las complicaciones más frecuentes tras cirugías abdominales, con una incidencia reportada entre el 3% y el 13% de los pacientes intervenidos [1]. Esta condición no solo incrementa la morbilidad y los reingresos hospitalarios, sino que también genera costos sanitarios significativos, estimados en hasta un 20% adicional por paciente en comparación con aquellos sin complicaciones [2]. La prevención de esta complicación se ha convertido en un objetivo prioritario en cirugía, dado que su aparición compromete la calidad de vida de los pacientes y satura los servicios quirúrgicos.

Sin embargo, la indeterminación en la selección de técnicas quirúrgicas surge de la complejidad para balancear múltiples criterios clínicos. Estudios recientes proponen soluciones basadas en lógica neutrosófica, un marco teórico que permite manejar información imprecisa, inconsistente o incompleta, común en datos médicos y quirúrgicos [3], [4]. A diferencia de los métodos tradicionales, que suelen simplificar decisiones binarias, la neutrosofía

integra grados de verdad, falsedad e indeterminación [5], replicando así la naturaleza multifactorial de la práctica médica[6].

La lógica neutrosófica ha demostrado ser una herramienta valiosa para el análisis de problemas decisionales complejos, encontrando aplicación en múltiples ámbitos como el sector industrial [7], la gestión empresarial [8] y las ciencias [9]. Investigaciones preliminares en cirugía y oncología han demostrado que estos métodos pueden mejorar la reproducibilidad de las decisiones sin ignorar la incertidumbre inherente a los sistemas sanitarios. [10], [11,27]

Su relevancia radica en la particular capacidad para manejar escenarios caracterizados por altos niveles de incertidumbre, ambigüedad e incluso información aparentemente contradictoria, situaciones donde los enfoques tradicionales suelen mostrar limitaciones significativas[12]. El valor fundamental de este marco reside en su potencial para modelar la llamada "incertidumbre profunda", ofreciendo a los tomadores de decisiones un instrumento analítico más robusto y flexible que permite navegar la complejidad de contextos multifactoriales. [13]

Por otro lado, la integración de métodos multicriterio con lógica neutrosófica ofrece un enfoque nuevo para resolver problemas clínicos complejos. Técnicas como el *Analytic Hierarchy Process* (AHP) o TOPSIS han sido adaptadas para incorporar la neutrosofía, permitiendo ponderar no solo datos estadísticos, sino también la experiencia de equipos quirúrgicos [14], [15,28]. En tal marco, el presente estudio busca determinar las técnicas de cierre de pared abdominal más efectivas mediante un modelo neutrosófico multicriterio, para identificar aquella que maximice la prevención de hernias incisionales.

Para llevar a cabo este análisis, se emplean técnicas de correlación neutrosófica [16]. Este enfoque posibilita una mejor representación de la incertidumbre inherente a los datos clínicos, integrando no solo valores numéricos exactos, sino también grados de falsedad e indeterminación. De este modo, la metodología propuesta no solo aporta rigor cuantitativo, sino que también incorpora el juicio experto en la ponderación de alternativas, lo que contribuye a la toma de decisiones más sólidas y fundamentadas en el contexto clínico.

2. Antecedentes

Definición 1. Sea *X* un espacio de puntos u objetos, cuyos elementos genéricos se representan como *x*. Un conjunto neutrosófico de valor único (SVNS, por sus siglas en inglés) *A* en *X* se caracteriza por tres funciones de membresía $T_A(x)$, que representa la membresía de verdad; $I_A(x)$, que describe la membresía de indeterminación; y $F_A(x)$, que indica la membresía de falsedad. Por lo tanto, un SVNS *A* puede expresarse como:

$$\tilde{A} = \{x, \langle T_A^+(x), I_A^+(x), F_{\tilde{A}}^+(x), T_{\tilde{A}}^-(x), I_{\tilde{A}}^-(x), F_{\tilde{A}}^-(x)\rangle \big| x \in X\},$$

donde $T_A^+(x), I_A^+(x), F_{\tilde{A}}^+(x): X \to [0,1]$ para cada *x* en *X*. Además, estas funciones de membresía satisfacen la condición $0 \leq T_{A(x)} + I_{A(x)} + F_{A(x)} \leq 3$. [17]

Definición 2. [18] El complemento de un SVNS A se denota por Ac y se define como

$$Ac = \{x, F_A(x), 1 - I_A(x), T_A(x) \mid x \in X\}$$

Definición 3. [18] Un SVNS A se encuentra contenido dentro de otro SVNS $B, A \subseteq B$ si y solo si $T_A(x) \leq T_B(x), I_A(x) \geq I_B(x)$, y $F_A(x) \geq F_B(x)$ para cada x en X.

Definición 4. [18] Dos SVNSs A y B son iguales, escrito como A = B, si y solo si $A \subseteq B$ y $B \subseteq A$

Coeficiente de correlación de SVNSs

Definición 5. [19] Para cualesquiera dos SVNSs A y B en el universo de discurso $X = \{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$, el coeficiente de correlación entre dos SVNSs A y B se define como sigue:

$$M(A,B) = \frac{1}{3n}\sum_{i=1}^{n}[\phi_i(1-\Delta T_i) + \varphi_i(1-\Delta I_i) + \psi_i(1-\Delta F_i)] \quad (1)$$

donde

$$\phi_i = \frac{3 - \Delta T_i - \Delta T_{max}}{3 - \Delta T_{min} - \Delta T_{max}},$$

$$\varphi_i = \frac{3 - \Delta I_i - \Delta I_{max}}{3 - \Delta I_{min} - \Delta I_{max}},$$

$$\psi_i = \frac{3 - \Delta F_i - \Delta F_{max}}{3 - \Delta F_{min} - \Delta F_{max}},$$

$$\Delta T_i = |T_A(x_i) - T_B(x_i)|,$$

$$\Delta I_i = |I_A(x_i) - I_B(x_i)|,$$

$$\Delta T_i = |T_A(x_i) - T_B(x_i)|,$$

$\Delta T_{min} = min_i|T_A(x_i) - T_B(x_i)|$,

$\Delta I_{min} = min_i|I_A(x_i) - I_B(x_i)|$,

$\Delta F_{min} = min_i|F_A(x_i) - F_B(x_i)|$,

$\Delta T_{max} = max_i|T_A(x_i) - T_B(x_i)|$,

$\Delta I_{max} = max_i|I_A(x_i) - I_B(x_i)|$,

$\Delta F_{max} = max_i|F_A(x_i) - F_B(x_i)|$,

Para todo $xi \in X$ and i = 1, 2, . . ., n

Las diferencias de importancia se consideran en los elementos del universo. Por lo tanto, se debe tener en cuenta el peso del elemento $x_i(i = 1, 2, \ldots, n)$. A continuación, se presenta un coeficiente de correlación ponderado entre los SVNS.

Definición 6. [19] Sea w_i el peso de cada elemento x_i $(i = 1, 2, \ldots, n), w_i \in [0, 1]$, y $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$, entonces el siguiente coeficiente de correlación ponderado entre los SVNS A y B:

$$M_w(A, B) = \frac{1}{3}\sum_{i=1}^{n} w_i[\phi_i(1 - \Delta T_i) + \varphi_i(1 - \Delta I_i) + \psi_i(1 - \Delta F_i)] \quad (2)$$

2.1 Método de toma de decisiones utilizando el coeficiente de correlación de SVNSs

En el problema de toma de decisiones de atributos múltiples con información neutrosófica de un solo valor, la característica de una alternativa A_i $(i = 1, 2, \ldots, m)$ en un atributo C_j $(j = 1, 2, \ldots, n)$ está representado por el siguiente SVNS:

$$A_i = \{C_j, T_{Ai}(C_j), I_{Ai}(C_j), F_{Ai}(C_j) | Cj \in C, j = 1, 2, \ldots, n\}$$

Donde $T_{Ai}(C_j)$, $I_{Ai}(C_j), F_{Ai}(C_j)) \in [0, 1]$ y $0 \leq T_{Ai}(C_j)$, $I_{Ai}(C_j), F_{Ai}(C_j) \leq 3$ para $Cj \in C, j = 1, 2, \ldots, n,$ y $i = 1, 2, \ldots, m$.

Por conveniencia, los valores de las tres funciones $T_{Ai}(C_j), I_{Ai}(C_j), F_{Ai}(C_j)$ se denotan por un valor neutrosófico de un solo valor (SVNV) $d_{ij} =< t_{ij}, i_{ij}, f_{ij} >$ $(i = 1, 2, \ldots, m;\ j = 1, 2, \ldots, n)$, que suele derivarse de la evaluación de una alternativa A_i con respecto a un criterio C_j por parte del experto o decisor. Por lo tanto, se puede obtener una matriz de decisión neutrosófica de un solo valor $D = (d_{ij})_{mxn}$.

En problemas de toma de decisiones de atributos múltiples, el concepto de punto ideal se ha utilizado para ayudar a identificar la mejor alternativa en el conjunto de decisiones. Aunque la alternativa ideal no existe en el mundo real, proporciona una construcción teórica útil contra la cual evaluar las alternativas [20].

En el método de toma de decisiones, un SVNV ideal se puede definir mediante $d_j^* =< t_j^*, i_j^*, f_j^* >=< 1, 0, 0 >$ $(j = 1, 2, \ldots, n)$ en la alternativa ideal A^*. Por tanto, aplicando la Ecuación (2) el coeficiente de correlación ponderado entre una alternativa A_i $(i = 1, 2, \ldots, m)$ y la alternativa ideal A^* viene dado por:

$$M_w(A_i, A^*) = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n} w_j\left[\phi_{ij}\left(1 - \Delta t_{ij}\right) + \varphi_{ij}\left(1 - \Delta i_{ij}\right) + \psi_{ij}\left(1 - \Delta f_{ij}\right)\right] \quad (3)$$

donde

$$\phi_{ij} = \frac{3 - \Delta t_{ij} - \Delta t_{i\,max}}{3 - \Delta t_{i\,min} - \Delta t_{i\,max}},$$

$$\varphi_i = \frac{3 - \Delta i_{ij} - \Delta i_{i\,max}}{3 - \Delta i_{i\,min} - \Delta i_{i\,max}},$$

$$\psi_i = \frac{3 - \Delta f_{ij} - \Delta f_{i\,max}}{3 - \Delta f_{i\,min} - \Delta f_{i\,max}},$$

$\Delta t_{ij} = \left|t_{ij} - t_j^*)\right|$,

$\Delta i_{ij} = \left|i_{ij} - i_j^*)\right|$,

$\Delta f_{ij} = \left|f_{ij} - f_j^*)\right|$,

$\Delta t_{i\,min} = min_j\left|t_{ij} - t_j^*\right|$,

$\Delta i_{i\,min} = min_j\left|i_{ij} - i_j^*\right|$,

$\Delta f_{i\,min} = min_j\left|f_{ij} - f_j^*\right|$,

$\Delta t_{i\,max} = max_j \left| t_{ij} - t_j^* \right|$,

$\Delta i_{i\,max} = max_j \left| i_{ij} - i_j^* \right|$,

$\Delta f_{i\,max} = max_j \left| f_{ij} - f_j^* \right|$,

para $i = 1, 2, \ldots, m$ y $j = 1, 2, \ldots, n$. Mediante el coeficiente de correlación $M_w\ (A_i, A^*)$ $(i = 1, 2, \ldots, m)$, se obtiene el orden de clasificación de todas las alternativas y la(s) mejor(es).

3. Resultados

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica con el propósito de identificar las técnicas de cierre de la pared abdominal que optimicen la prevención de hernias incisionales. Para ello, se analizaron estudios previos que evaluaron la efectividad de diversas estrategias quirúrgicas en términos de reducción de complicaciones postoperatorias. Los datos preliminares permitieron seleccionar seis técnicas ampliamente documentadas en la literatura científica, cada una con particularidades en su aplicación. La Tabla 1 muestra las técnicas consideradas para el estudio. [29]

Tabla 1: Técnicas de cierre de pared abdominal.

Técnica de cierre	Descripción
Sutura continua (*small bites)*	Técnica recomendada con material de absorción lenta o no absorbible; distribuye la presión y reduce la incidencia de hernias. • Puntos más cercanos (5-8 mm del borde y entre sí). • Relación SL:WL ≥ 4:1, distribuida de forma homogénea.
Sutura continua (*large bites)*	Técnica recomendada con material de absorción lenta o no absorbible; distribuye la presión y reduce la incidencia de hernias. • Puntos separados 1 cm del borde de la aponeurosis y entre sí. • Menor relación SL:WL (generalmente < 4:1).
Cierre en dos planos	Realizado en dos capas (aponeurosis de la vaina posterior y anterior del recto).
Línea de tensión reforzada (RTL)	Incluye sutura longitudinal lateral para reforzar la pared abdominal.
Relación longitud sutura/herida 4:1	Demuestra menor incidencia de hernias en pacientes de alto riesgo quirúrgico.
Cierre secuencial	Útil en el manejo de pacientes con abdomen abierto.

Para la evaluación de las alternativas, un grupo de expertos en cirugía abdominal estableció tres criterios fundamentales. El primero de ellos fue la resistencia biomecánica de la técnica, definida como la capacidad de la sutura para soportar la presión intraabdominal sin predisponer a la dehiscencia. El segundo criterio correspondió al impacto en la recuperación del paciente. Este criterio considera el tiempo de cicatrización, la presencia de dolor postoperatorio y la limitación funcional. El tercer criterio fue la incidencia de complicaciones postoperatorias, que consideró la aparición de infecciones, eventración, dehiscencia, etc.

Se consideró que la incidencia de complicaciones postoperatorias resultó el criterio con un mayor peso de importancias (0.40), mientras que los otros dos criterios fueron considerados igualmente importantes (0.30). Para la evaluación de cada técnica en relación con estos criterios, los expertos completaron un formulario en el que se solicitó una valoración específica basada en su experiencia y en la literatura disponible. Se les pidió asignar una evaluación que indicara en qué medida cada alternativa era favorable (Tx), desfavorable (Fx) o incierta (Ix) con respecto a cada criterio, lo que permitió establecer una matriz de decisión para la aplicación del análisis neutrosófico. Ver Tabla 2.

Tabla 2: Matriz de decisión D.

Alternativas	Resistencia bio-mecánica	Recuperación del paciente	Complicaciones postoperatorias
Sutura continua (*small bites)*	0.5; 0.2; 0.2	0.4; 0.2; 0.3	0.1; 0.2; 0.1
Sutura continua (*large bites)*	0.1; 0.2; 0.5	0.7; 0.1; 0.2	0.6; 0.2; 0.3
Cierre en dos planos	0.4; 0.3; 0.2	0.5; 0.2; 0.3	0.2; 0.1; 0.2
Línea de tensión reforzada (RTL)	0.4; 0.1; 0.2	0.4; 0.2; 0.3	0.3; 0.3; 0.2
Relación longitud sutura/herida 4:1	0.5; 0.3; 0.2	0.6; 0.1; 0.2	0.5; 0.2; 0.3
Cierre secuencial	0.7; 0.1; 0.1	0.1; 0.2; 0.5	0.4; 0.2; 0.2

En concordancia con la metodología establecida para el desarrollo del análisis y la obtención de los resultados, se procedió a calcular los valores de los operadores φ, μ y ψ, para determinar los coeficientes de correlación dentro del modelo propuesto. Estos valores permitieron la aplicación efectiva del método y la posterior interpretación de los datos en función de los criterios de evaluación definidos. Los resultados obtenidos a partir de estos cálculos se presentan en las Tablas 3 y 4, donde se sintetizan las relaciones identificadas entre las variables analizadas.

Tabla 3: Valores mínimos y máximos de variación en las funciones de pertenencia a la verdad, falsedad e indeterminación.

	ΔTmin	**ΔImin**	**ΔFmin**	**ΔTmax**	**ΔImax**	**ΔFmax**
Sutura continua (*small bites)*	0.5	0.1	0.1	0.6	0.2	0.2
Sutura continua (*large bites)*	0.3	0.2	0.1	0.9	0.5	0.2
Cierre en dos planos	0.5	0.2	0.1	0.8	0.3	0.3
Línea de tensión reforzada (RTL)	0.6	0.2	0.1	0.7	0.3	0.3
Relación longitud sutura/herida 4:1	0.4	0.2	0.1	0.5	0.3	0.3
Cierre secuencial	0.3	0.1	0.2	0.9	0.4	0.3

Tabla 4: Valores de φ, μ y ψ para cada alternativa de selección.

Delitos	Resistencia biomecánica			Impacto en la recuperación del paciente			La incidencia de complicaciones postoperatorias		
	φ_1	φ_2	φ_3	μ_1	μ_2	μ_3	ψ_1	ψ_2	ψ_3
Sutura continua (small bites)	1	1	0.8	1	0.96	0.87	1	1	1
Sutura continua (large bites)	0.67	1	0.94	0.87	1	0.96	0.96	1	1
Cierre en dos planos	0.9	0.95	1	1	0.96	1	0.92	0.96	1
Línea de tensión reforzada (RTL)	1	0.67	0.83	1	0.83	0.96	1	0.96	1
Relación longitud sutura/herida 4:1	0.78	1	0.83	0.87	1	0.96	0.92	1	1
Cierre secuencial	1	0.95	1	1	0.96	1	1	0.96	1

A partir de la aplicación de la ecuación (3), se determinaron los valores de los coeficientes de correlación, los cuales permitieron establecer el grado de asociación entre cada alternativa evaluada y la opción óptima dentro del modelo propuesto. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 1, donde se detallan los coeficientes calculados y su respectivo ordenamiento, facilitando así la identificación de la técnica de cierre de pared abdominal más efectiva según los criterios establecidos.

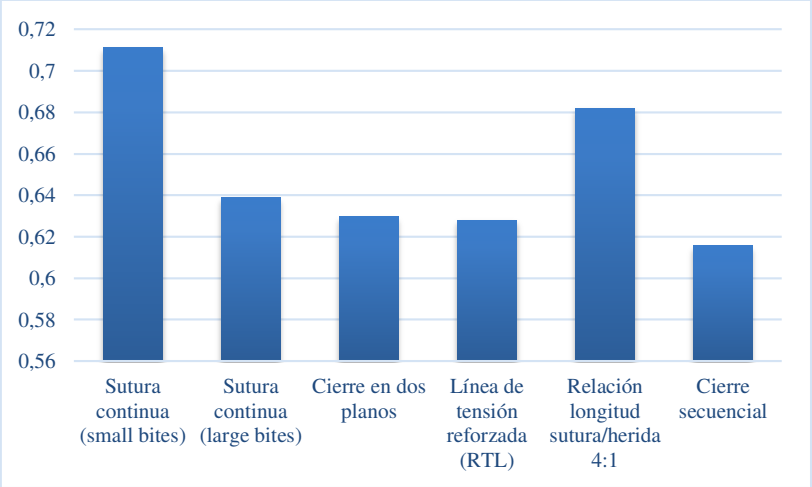


Figura 1. Coeficientes de correlación ponderado de cada alternativa

El análisis realizado evidenció que la sutura continua con pequeñas tomas presentó el mayor grado de asociación con los criterios de evaluación propuestos en este estudio. La sutura continua con grandes tomas y la técnica basada en la relación entre la longitud de la sutura y la herida mostraron resultados cercanos, lo que indicó que también podrían considerarse opciones viables en escenarios clínicos específicos. El cierre en dos planos, la línea de tensión reforzada y el cierre secuencial reflejaron niveles de preferencia inferiores, aunque se estimó que su aplicación continuaría siendo pertinente en situaciones quirúrgicas concretas, sobre todo cuando las condiciones del paciente o la experiencia del cirujano influyeran en la elección de la técnica.

Unido a esto, se realizó un análisis bibliográfico para validar los resultados obtenidos mediante el estudio. En este sentido, la Tabla 5 muestra un resumen de los principales estudios analizados y los resultados más relevantes en cada caso.

Tabla 5: principales estudios analizados y los resultados más relevantes en cada caso.

Estudio analizado	Resultados principales	Técnica de cierre
Evaluación del cierre de laparotomía media en cirugía de urgencias tras la introducción de la técnica de cierre fascial small bites [21]	Se incluyeron 182 pacientes, divididos en 72 con sutura *large bites* y 110 con *small bites*. El grupo *small bites* mostró menor infección de herida, mientras que la tasa de eventración fue ligeramente superior que en el grupo *large bites*.	*Small bites* frente a *large bites* utilizando material de sutura continuo.
Cierre secuencial de la pared abdominal en el manejo del abdomen abierto. Una nueva técnica quirúrgica [22]	Se incluyeron 24 pacientes con abdomen abierto, 16 por cuadro abdominal agudo y 8 por trauma. El cierre secuencial de la pared abdominal se llevó a cabo en un promedio de 29 días y 3 pacientes desarrollaron hernia incisional.	*Cierre secuencial* como alternativa gradual para el manejo de abdomen abierto.
Resultados del cierre de pared abdominal utilizando técnica longitud sutura/herida 4:1 [23]	Se seleccionaron 86 pacientes, 48 con la técnica 4:1 y 38 con técnicas convencionales. Hubo una disminución en la dehiscencia y se observó un menor riesgo de complicaciones en el grupo que cumplió con la relación sutura/herida 4:1.	*Relación longitud sutura/herida 4:1*, considerada factor protector frente a dehiscencias y hernias.

Estudio analizado	Resultados principales	Técnica de cierre
Cierre de la laparotomía electiva y urgente. Importancia de protocolizar la técnica [24]	Se incluyeron 127 pacientes, de los cuales 41 fueron sometidos a una sutura corta con proporción 4:1. Aquellos casos mostraron una menor incidencia de hernias incisionales, destacando la relevancia de aplicar protocolos estandarizados.	*Sutura continua* con relación 4:1 en un número significativo de pacientes.
Consenso para la apertura y cierre de laparotomía media supra-infraumbilical utilizando metodología Delphi [25]	Se aplicó una encuesta a cirujanos de varios centros docentes. El consenso general estableció que el paso clave es cerrar la fascia de la línea alba con puntos continuos o interrumpidos, separados aproximadamente 0,8-1 cm, y respetando una relación >4:1.	*Sutura continua o interrumpida* con separación entre puntos de 0,8-1 cm y una proporción sutura/herida mayor de 4:1.
Cierre de pared abdominal más adecuado en laparotomías [26]	Se incluyeron 60 pacientes con laparotomía exploratoria. Se observó una menor tasa de dehiscencia en el grupo que aplicó la técnica *small bites*, donde se respetó la distancia entre puntos y se alcanzó una relación de longitud sutura/herida >4:1.	*Small bites* respetando distancias específicas entre puntos y un índice sutura/herida superior a 4:1.

4. Discusión

La revisión bibliográfica mostró una inclinación clara hacia el uso de técnicas que optimizan la relación entre la longitud de la sutura y la herida, destacando especialmente la técnica *small bites* y la proporción 4:1. Estos métodos estuvieron relacionados con una menor incidencia de complicaciones, lo que apunta a una mayor estabilidad en la reparación de la fascia y una mejor recuperación postoperatoria. Aunque no todos los estudios coincidieron en la magnitud de estos beneficios, la tendencia general sugiere que estas estrategias pueden marcar una diferencia en los resultados quirúrgicos. [30]

El análisis de los datos permitió confirmar que la relación entre la longitud de la sutura y la herida jugó un papel clave en la reducción de complicaciones [23]. Se encontró una correspondencia significativa entre los hallazgos empíricos y lo reportado en la literatura, especialmente en lo que respecta a la efectividad de la técnica *small bites* para disminuir la incidencia de problemas postquirúrgicos [21]. Sin embargo, algunos matices en los estudios indicaron que otros factores, como el tipo de material de sutura, la experiencia del cirujano y las características individuales de cada paciente, pueden influir en los resultados, lo que hace que no sea posible generalizar estos hallazgos de manera absoluta. [31,32]

Desde una perspectiva más amplia, la lógica neutrosófica resultó ser una herramienta valiosa para manejar la incertidumbre inherente a la toma de decisiones en este campo. Su capacidad para integrar múltiples variables con diferentes grados de certeza y ambigüedad permitió evaluar las técnicas de cierre de manera más estructurada. Al combinarse con los métodos de decisión multicriterio, este enfoque facilitó la ponderación de diversos factores, no solo los resultados clínicos, sino también aspectos operativos y la viabilidad a largo plazo. En este sentido, su mayor aporte fue la reducción de la subjetividad en la evaluación, proporcionando una base más sólida para elegir la técnica quirúrgica más adecuada en cada caso.

En definitiva, los resultados obtenidos refuerzan la idea de que combinar la evidencia empírica con herramientas analíticas avanzadas puede mejorar significativamente la toma de decisiones en cirugía. Al aplicar estos enfoques, es posible optimizar tanto los resultados clínicos como la eficiencia de los procedimientos, asegurando una mejor calidad en la atención a los pacientes. [33]

5. Conclusión

Se realizó una revisión bibliográfica y un análisis empírico que permitió identificar las técnicas de cierre de la pared abdominal con mayor efectividad en la prevención de hernias incisionales. Se evaluaron diferentes métodos, de los cuales la sutura continua con *small bites* y la técnica basada en la proporción 4:1 se destacaron por su desempeño en la reducción de complicaciones postoperatorias. Este enfoque integró tanto datos numéricos como

el juicio experto, lo que facilitó una evaluación más completa y ajustada a la realidad clínica.

La aplicación de un modelo multicriterio basado en coeficientes de correlación neutrosóficos se consolidó como una herramienta valiosa para manejar la incertidumbre inherente a los datos clínicos. Este enfoque posibilitó determinar con mayor precisión la asociación entre cada técnica evaluada. La integración de estos métodos avanzados en el análisis contribuyó a una toma de decisiones más sólida y fundamentada, lo que representa un avance significativo en la optimización de los procedimientos de cierre de la pared abdominal. La investigación aportó conocimiento sobre la efectividad comparativa de las técnicas estudiadas y subrayó la importancia de considerar múltiples variables en la evaluación clínica. Este estudio abre la posibilidad de futuras investigaciones orientadas a perfeccionar los modelos de decisión y a extender su aplicación a otros campos de la cirugía, favoreciendo la mejora de los resultados y la atención al paciente.

Referencias

[1] A. M. C. Herrera and J. P. V. Carrillo, "Hernia incisional en puerto laparoscópico como complicación de apendicectomía," *Cienc. Lat. Rev. Científica Multidiscip.*, vol. 7, no. 4, pp. 2622–2637, 2023, [Online]. Available: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7130.

[2] J. M. Vila y Blanco and E. J. G. de Buitrago, "Cirugía de las hernias: efectividad y coste para el sostenimiento del sistema sanitario," *Rev. Cir. (Mex).*, vol. 72, no. 4, pp. 301–310, 2020, [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.35687/s2452-45492020004506 %0A.

[3] J. Estupiñán Ricardo, M. Y. Leyva Vázquez, S. D. Álvarez Gómez, J. E. Alfonso Manzanet, and O. E. Velázquez-Soto, "La aplicación de la neutrosofía en las ciencias médicas: una revisión bibliográfica narrativa," *Rev. Cuba. Inf. en Ciencias la Salud*, vol. 34, 2023, [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2307-21132023000100048&script=sci_arttext.

[4] M. Aslam, O. H. Arif, and R. A. K. Sherwani, "New diagnosis test under the neutrosophic statistics: an application to diabetic patients," *Biomed Res. Int.*, vol. 2020, 2020. [Online]. Available: https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1155/2020/2086185&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=17868844517264388415&ei=V3HjZ72cDcuZieoPkc6U4Qw&scisig=AFWwaeZf1fXT-366jmcehMuT45DY

[5] J. Best, "Ambiguity, uncertainty, and risk: Rethinking indeterminacy," *Int. Polit. Sociol.*, vol. 2, no. 4, pp. 355–374, 2008, [Online]. Available: https://academic.oup.com/ips/article-abstract/2/4/355/1826711.

[6] S. Habib, A. Ashraf, M. A. Butt, and M. Ahmad, "Medical diagnosis based on single-valued neutrosophic information," *Neutrosophic Sets Syst.*, vol. 42, pp. 302–323, 2021, [Online]. Available: https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=MFxCEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA302&dq=indetermination+nutrosophic+data+diagnosis&ots=3VsohhuauR&sig=ei77DSSmfGT_GyKc55kxFj9fXtY.

[7] M. A. Khan and N. S. Alghamdi, "A neutrosophic WPM-based machine learning model for device trust in industrial internet of things," *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, vol. 14, no. 4, pp. 3003–3017, 2023, [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s12652-021-03431-2.

[8] A. R. Fernández, L. V. M. Rosales, O. G. A. Paspuel, W. B. J. López, and A. R. S. León, "Neutrosophic Statistics for Project Management. Application to a Computer System Project," *Neutrosophic Sets Syst.*, vol. 44, pp. 308–314, 2021, [Online]. Available: https://fs.unm.edu/NSS2/index.php/111/article/view/1589.

[9] A. Q. Ansari, R. Biswas, and S. Aggarwal, "Proposal for applicability of neutrosophic set theory in medical AI," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 27, no. 5, pp. 5–11, 2011, [Online]. Available: https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=21b5b0198a69fc90f74874ac0e4f75fa04ba3881.

[10] M. U. Farooq and M. Saqlain, "The selection of LASER as surgical instrument in medical using neutrosophic soft set with generalized fuzzy TOPSIS, WSM and WPM along with MATLAB coding," *Neutrosophic Sets Syst.*, vol. 40, no. 1, p. 3, 2021, [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1756&context=nss_journal.

[11] M. A. Devi, J. I. Sheeba, and K. S. Joseph, "Neutrosophic graph cut-based segmentation scheme for efficient cervical cancer detection," *J. King Saud Univ. Inf. Sci.*, vol. 34, no. 1, pp. 1352–1360, 2022, [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2018.09.014.

[12] A. Awang, A. T. A. Ghani, L. Abdullah, and M. F. Ahmad, "A DEMATEL method with single valued neutrosophic set (SVNS) in identifying the key contribution factors of Setiu Wetland's coastal erosion," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1974, 2018, doi: 10.1063/1.5041542.

[13] G. N. Nguyen, L. H. Son, A. S. Ashour, and N. Dey, "A survey of the state-of-the-arts on neutrosophic sets in biomedical diagnoses," *Int. J. Mach. Learn. Cybern.*, vol. 10, pp. 1–13, 2019, [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s13042-017-0691-7.

[14] **N. Bilandi, H. K. Verma, and R. Dhir, "AHP–neutrosophic decision model for selection of relay node in wireless body area network," *CAAI Trans. Intell. Technol.*, vol. 5, no. 3, pp. 222–229, 2020, [Online]. Available: https://doi.org/10.1049/trit.2020.0059.**

[15] **M. Riaz, K. Naeem, I. Zareef, and D. Afzal, "Neutrosophic N-soft sets with TOPSIS method for multiple attribute decision making," *Neutrosophic sets Syst.*, vol. 32, pp. 146–170, 2020, [Online]. Available: https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA624420585&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=23316055&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon~f7e85ac4&aty=open-web-entry.**

[16] **R. M. Zulqarnain, X. L. Xin, B. Ali, S. Broumi, S. Abdal, and M. I. Ahamad, "Decision-making approach based on correlation coefficient with its properties under interval-valued neutrosophic hypersoft set environment," *Neutrosophic Sets Syst.*, vol. 40, pp. 12–28, 2021. [Online]. Available: https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://books.google.com/books%3Fhl%3Des%26lr%3D%26id%3DGNilEAAAQBAJ%26oi%3Dfnd%26pg%3DPA19%26dq%3D%25E2%2580%259CDecision-making%2Bapproach%2Bbased%2Bon%2Bcorrelation%2Bcoefficient%2Bwith%2Bits%2Bproperties%2Bunder%2Binterval-valued%2Bneutrosophic%2Bhypersoft%2Bset%2Benvironme%26ots%3DN7QmshTyvt%26sig%3DWLGQjuU1M-jdp51pdxfaxmPxdV4&hl=es&sa=T&oi=gsb&ct=res&cd=0&d=17732575102409061873&ei=0nHjZ_TpCdmlieoP8JCG8AI&scisig=AFWwaeZLQJ8nfYdp3X9KrqF8l0Tf**

[17] **J. L. Salmeron and F. Smarandache, "Redesigning Decision Matrix Method with an indeterminacy-based inference process," *Int. J. Appl. Math. Stat.*, vol. 13, no. M 08, pp. 4–11, 2008, [Online]. Available: https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=c6b6024f4464e582d3e5aebefbb853876de194ac.**

[18] H. Wang, F. Smarandache, Y. Zhang, and R. Sunderraman, "Single valued neutrosophic sets," *Rev. Air Force Acad.*, vol. 17, no. 1, pp. 10–14, 2010, [Online]. Available: https://philpapers.org/archive/SMACPV.pdf#page=411.

[19] **J. Ye, "Improved correlation coefficients of single valued neutrosophic sets and interval neutrosophic sets for multiple attribute decision making," *J. Intell. Fuzzy Syst.*, vol. 27, no. 5, pp. 2453–2462, 2014, [Online]. Available: https://content.iospress.com/articles/journal-of-intelligent-and-fuzzy-systems/ifs1215.**

[20] **J. Ye, "Multicriteria decision-making method using the correlation coefficient under single-valued neutrosophic environment," *Int. J. Gen. Syst.*, vol. 42, no. 4, pp. 386–394, 2013, [Online]. Available: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03081079.2012.761609.**

[21] **A. Lizarazu, Í. A. Ponce, L. Carballo, L. G. Otaegui, M. Osorio, and I. Goena-Iglesias, "Evaluación de los resultados del cierre de una laparotomía media en cirugía de urgencias tras la introducción de la técnica de cierre fascial small bites," *Rev. Hispanoam. Hernia*, vol. 10, no. 2, pp. 64–69, 2022, [Online]. Available: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8403902.**

[22] E. Flores-Álvarez, J. Cruz De la Torre-González, V. Rivera-Barragán, and L. D. Cruz-Álvarez, "Cierre secuencial de la pared abdominal en el manejo del abdomen abierto. Una nueva técnica quirúrgica," *Cir. Cir.*, vol. 88, no. 5, pp. 624–629, 2020, [Online]. Available: https://doi.org/10.24875/ciru.20000760.

[23] **C. A. Córdova-Velázquez, E. J. Rodríguez-Espino, J. M. Martín-Bufajer, E. Servín-Torres, and N. G. Lerma-López, "Resultados del cierre de pared abdominal utilizando técnica longitud sutura/herida 4: 1," *Rev. Med. Inst. Mex. Seguro Soc.*, vol. 61, no. 3, p. 289, 2023, [Online]. Available: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10437231/.**

[24] **S. Valverde, J. L. S. García, J. A. Pereira, M. Armengol, and M. López-Cano, "Cierre de la laparotomía electiva y urgente. Importancia de protocolizar la técnica," *Cirugía Española*, vol. 97, no. 2, pp. 97–102, 2019, [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2018.09.011.**

[25] R. Díaz, C. Ortiz, B. Marinkovic, Ó. Jerez, N. D'Aguzan, and M. Turu, "Consenso para la apertura y cierre de laparotomía media supra-infraumbilical utilizando metodología Delphi," *Rev. Cir. (Mex).*, vol. 71, no. 4, pp. 307–317, 2019, [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.4067/S2452-45492019000400307 %0A.

[26] D. O. Vásquez-Hernández, C. A. Mejía-Picasso, and G. G. Oropeza-Rodríguez, "Cierre de pared abdominal más adecuado en laparotomías," *Salud en Tabasco*, vol. 29, no. 3, pp. 113–119, 2023, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Gisela-Oropeza-Rodriguez-2/publication/389631956_Cierre_de_pared_abdominal_mas_adecuado_en_laparotomias/links/67ca567ecc055043ce6eb51f/Cierre-de-pared-abdominal-mas-adecuado-en-laparotomias.pdf.

[27] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[28] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[29] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[30] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[31] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[32] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[33] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 21, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Biomarcadores angiogénicos para optimizar el manejo de preeclampsia en Ecuador

Optimizing preeclampsia management in Ecuador using angiogenic biomarkers

Esther de los Dolores Jiménez Andrade [1], Washington Omar Guevara Pérez [2], and Patricio Martin Reyes Játiva [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. ui.estherja25@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. ui.washingtongp68@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. ui.estherja25@uniandes.edu.ec

Resumen. Este estudio evaluó la utilidad del cociente sFlt-1/PlGF como herramienta predictiva y diagnóstica para la preeclampsia, con el objetivo de priorizar estrategias de implementación adaptadas al sistema de salud ecuatoriano. Se realizó una revisión sistemática de literatura científica publicada desde 2015, seleccionando estudios que analizaran la relación entre este biomarcador y el manejo de la enfermedad. Los resultados confirmaron su valor clínico. La investigación incorporó un enfoque innovador al aplicar el método TOPSIS-OWA integrado con lógica neutrosófica, lo que permitió manejar la incertidumbre inherente a la toma de decisiones en este ámbito de estudio. Este método reveló que la estrategia óptima era la implementación piloto en zonas de alta prevalencia, al demostrar el mejor equilibrio entre factibilidad técnica, impacto clínico y adaptabilidad regional. El estudio destacó la necesidad de desarrollar protocolos locales que consideren tanto la evidencia internacional como las particularidades del sistema de salud ecuatoriano, proponiendo como línea futura la evaluación de impacto en desenlaces clínicos y económicos. La combinación de biomarcadores angiogénicos con modelos de decisión avanzados se posicionó como un aporte metodológico relevante para problemas complejos en medicina materno-fetal.

Palabras Claves: preeclampsia, sFlt-1/PlGF, toma de decisiones, lógica neutrosófica, métodos multicriterio, salud pública, Ecuador

Abstract. This study evaluated the usefulness of the sFlt-1/PlGF ratio as a predictive and diagnostic tool for preeclampsia, with the objective of prioritizing implementation strategies adapted to the Ecuadorian healthcare system. A systematic review of scientific literature published since 2015 was conducted, selecting studies that analyzed the relationship between this biomarker and disease management. The results confirmed its clinical value. The research incorporated an innovative approach by applying the TOPSIS-OWA method integrated with neutrosophic logic, which allowed for handling the inherent uncertainty in decision-making within this field of study. This method revealed that the optimal strategy was pilot implementation in high-prevalence areas, demonstrating the best balance between technical feasibility, clinical impact, and regional adaptability. The study highlighted the need to develop local protocols that consider both international evidence and the specific characteristics of Ecuador's healthcare system, proposing future evaluation of clinical and economic outcomes as a next Paso. The combination of angiogenic biomarkers with advanced decision-making models emerged as a relevant methodological contribution for complex problems in maternal-fetal medicine.

Keywords: preeclampsia, sFlt-1/PlGF, decision-making, neutrosophic logic, multicriteria methods, public health, Ecuador.

1 Introducción

La preeclampsia es una de las principales complicaciones del embarazo y una de las principales causas de morbilidad y mortalidad materno-fetal en todo el mundo [1]. Se caracteriza por la aparición de hipertensión arterial y signos de daño orgánico a partir de la semana 20 de gestación, afectando de manera significativa la salud materna y neonatal [2]. Su diagnóstico y manejo oportuno representan un desafío para los sistemas de salud debido a su etiología multifactorial y a la ausencia de herramientas de predicción con alta especificidad y sensibilidad.[3], [4]

El diagnóstico de preeclampsia se basa en la detección de presión arterial elevada y proteinuria, así como en la presencia de síntomas asociados como disfunción hepática, insuficiencia renal, alteraciones hematológicas, síntomas neurológicos y restricción del crecimiento fetal [5], [6]. No obstante, muchas de estas manifestaciones pueden

solaparse con otras patologías, lo que dificulta su detección temprana y su tratamiento oportuno.

A nivel global, la preeclampsia afecta aproximadamente al 2-8% de los embarazos, con una variabilidad en la prevalencia dependiendo de factores socioeconómicos, ambientales y genéticos [7]. En países de ingresos bajos y medios, su impacto es aún más pronunciado debido al acceso limitado a servicios de salud prenatal adecuados [8]. En Ecuador, la primera causa de mortalidad materna gira en torno a las enfermedades hipertensivas y la preeclampsia [9], lo que subraya la urgencia de desarrollar estrategias efectivas de prevención y tratamiento. La prevalencia de la enfermedad en el país varió entre el 5.34% y el 6.95% en los años 2015-2017, lo que indica una carga significativa para el sistema de salud y la población materno-infantil. [10]

La compleja fisiopatología de la preeclampsia implica alteraciones en la angiogénesis placentaria, el metabolismo materno y la respuesta inflamatoria sistémica. Un factor clave en su desarrollo es la disfunción endotelial, inducida por un desbalance entre factores angiogénicos y antiangiogénicos [11]. Este desequilibrio promueve la vasoconstricción, el daño vascular y la activación de procesos inflamatorios, contribuyendo a la progresión de la enfermedad [12].

El diagnóstico tradicional de preeclampsia se basa en criterios clínicos establecidos por el Colegio Americano de Obstetricia y Ginecología (ACOG). Sin embargo, estos parámetros presentan limitaciones, como su baja especificidad y la aparición tardía de síntomas en muchas pacientes [13]. Además, la heterogeneidad de la enfermedad —diferenciándose entre formas tempranas y tardías— exige herramientas más precisas que capturen su naturaleza multifactorial. Aquí es donde los biomarcadores angiogénicos adquieren relevancia, ya que reflejan los mecanismos fisiopatológicos subyacentes y permiten estratificar el riesgo antes de que se manifiesten hallazgos clínicos. [14]

La necesidad de evaluar estos biomarcadores con precisión no es solo una cuestión técnica, sino también de salud pública. En contextos como el ecuatoriano, donde los recursos sanitarios son limitados, la implementación de pruebas coste-efectivas podría optimizar el uso de camas hospitalarias y personal especializado [15].

A pesar de su potencial, los enfoques convencionales para el manejo de la preeclampsia enfrentan obstáculos significativos. La subjetividad en la interpretación de síntomas, la variabilidad en la recolección de muestras y la falta de estandarización en los puntos de corte para los biomarcadores introducen incertidumbre en el proceso diagnóstico. Además, la dinámica temporal de estos marcadores —con fluctuaciones a lo largo del embarazo— exige modelos que puedan manejar datos incompletos o contradictorios. Estas limitaciones resaltan la importancia de desarrollar marcos analíticos que incorporen flexibilidad para adaptarse a escenarios clínicos reales, donde la información disponible rara vez es perfecta.

Para abordar estas complejidades, técnicas de decisión multicriterio ofrecen ventajas significativas. Estas herramientas permiten la selección de alternativas optimas basándose en la evaluación y análisis de múltiples variables [16]. Sin embargo, dado que los datos en medicina están frecuentemente impregnados de indeterminación la neutrosofía emerge como un complemento esencial [17], [18]. Esta teoría, que trabaja con grados de verdad, falsedad e indeterminación, proporciona un marco para modelar incertidumbres que los métodos tradicionales no pueden capturar [19,36].

El método TOPSIS es una herramienta que permite ordenar alternativas basándose en su proximidad a una solución ideal [20]. Por su parte, la combinación de TOPSIS con neutrosofía ha demostrado ser útil anteriormente en otros contextos resultando en la cuantificación de la ambigüedad en para la toma de decisiones [21], [22]. Este enfoque híbrido ha demostrado utilidad en otros campos médicos, como la oncología y la cardiología, donde la toma de decisiones bajo incertidumbre es rutinaria. La integración de operadores OWA facilita la agregación de opiniones expertas, incorporando consensos sobre umbrales diagnósticos o prioridades terapéuticas. [23]

En este marco, el objetivo de este estudio se centra en revisar la literatura científica, para evaluar la evidencia sobre el uso del ratio sFlt-1/PlGF en la predicción y manejo de la preeclampsia. Con esta base, se buscó priorizar estrategias para su implementación en Ecuador, considerando tanto la solidez de los hallazgos internacionales como las particularidades del sistema de salud local. La síntesis de esta información no solo pretende guiar protocolos clínicos, sino también servir como referencia para futuras investigaciones que exploren la aplicación de modelos avanzados en la medicina materno-fetal.

2. Métodos

2.1 Metodología

El estudio se basó en una revisión sistemática de literatura científica especializada, centrada en evaluar la utilidad del cociente sFlt-1/PlGF como predictor y herramienta de manejo en preeclampsia. La búsqueda se realizó en bases de datos reconocidas, incluyendo PubMed, MedlinePlus, la Biblioteca Virtual de Salud (BVS), SciELO, Medigraphic, Dialnet, ELSEVIER y Cochrane. Se priorizaron estudios publicados desde enero de 2015 hasta la actualidad, con el fin de incorporar la evidencia más reciente.

Para garantizar una recuperación precisa de la información, se emplearon estrategias de búsqueda avanzada mediante operadores booleanos (AND, OR, NOT), combinando como términos clave sFlt-1/PlGF", "preeclampsia", "predicción" y "tratamiento". Esta metodología permitió filtrar artículos que abordaran específicamente la relación entre los biomarcadores angiogénicos y el desarrollo de la enfermedad.

Los criterios de inclusión exigieron que los estudios estuvieran publicados en español o inglés, y que pertenecieran a categorías como ensayos clínicos, meta-análisis o revisiones sistemáticas. Se excluyeron aquellos trabajos que no proporcionaran datos cuantificables sobre los niveles de sFlt-1/PlGF o su asociación con la progresión y manejo de la preeclampsia. Esta selección aseguró que solo la literatura más relevante y metodológicamente sólida fuera considerada en el análisis. [37]

La evaluación del cociente sFlt-1/PlGF se enfocó particularmente en su aplicabilidad a partir de la semana 20 de gestación, dado que este período coincide con la ventana clínica en la que el desbalance angiogénico comienza a manifestarse con mayor claridad. La síntesis de los resultados permitió establecer patrones de utilidad diagnóstica y pronóstica, así como identificar posibles limitaciones en su implementación dentro de contextos clínicos reales.

2.2 Preliminares en neutrosofía

Esta sección presenta una breve introducción a los principios fundamentales relacionados con los conjuntos neutrosóficos de valor único (SVNS) y los conjuntos lingüísticos neutrosóficos de valor único (SVNLS), incluyendo definiciones, operaciones básicas y métricas de distancia.

Definición 1 Sea x un elemento en un conjunto finito X. Un conjunto neutrosófico de valor único (SVNS), P*P*, en X se define como en (1):

$$P = \{ x, T_P(x), I_P(x), F_P(x) | x \in X \}, \quad (1)$$

donde la función de pertenencia de verdad, $T_P(x)$, la función de pertenencia de indeterminación, $I_P(x)$, y la función de pertenencia de falsedad $F_P(x)$, satisfacen la condición (2):

$$0 \leq T_P(x), I_P(x), F_P(x) \leq 1; \ 0 \leq T_P(x) + I_P(x) + F_P(x) \leq 3 \quad (2)$$

Para un SVNS *P* en *X*, la tripleta $\left(T_P(x), I_P(x), F_P(x) \right)$ se denomina valor neutrosófico de valor único (SVNV) y se denota simplemente como $x = (T_x, I_x, F_x)$ para facilitar los cálculos.

Definición 2 Sean $x = (T_x, I_x, F_x)$ y y = $\left(T_y, I_y, F_y\right)$ dos SVNVs. Entonces

1) $x \oplus y = \left(T_x + T_y - T_x * T_y, I_x * T_y, F_x * F_y\right)$;
2) $\lambda * x = (1 - (1 - T_x)\lambda, (I_x)\lambda, (F_x)\lambda), \lambda > 0$;
3) $x^\lambda = \left((T_x)\lambda, 1 - (1 - I_x)\lambda, 1 - (1 - F_x)\lambda\right), \lambda > 0$

2.2.1 El Conjunto Lingüístico

Sea $S = \{s_\alpha | \alpha = 1, \dots, l\}$ un conjunto discreto y totalmente ordenado de términos lingüísticos, donde l*l* es un número impar y s_α representa un valor posible para una variable lingüística. Por ejemplo, si $l = 7$, then a entonces *S* puede definirse como:

$$(S = s_1 = \text{“}extremadamente\ pobre\text{”}, s_2\text{“}muy\ pobre\text{”}, s_3 = \text{”}pobre\text{”}, s_4 = \text{“}suficiente\text{”}, s_5 = \text{“}bueno\text{”}, s_6 = \text{“}muy\ bueno\text{”}, s_7 = \text{“}extremadamente\ bueno\text{”}). \quad (3)$$

Cualesquiera dos variables lingüísticas s_i y s_j , en S deben satisfacer las siguientes reglas [47]:

1) $Neg(s_i) = s_{-i}$;
2) $s_i \leq s_j \Leftrightarrow i \leq j$;
3) $\max(s_i, s_j) = s_j, \ if\ i \leq j$;
4) $\min(s_i, s_j) = s_i, \ if\ i \leq j$.

Para evitar pérdida de información durante procesos de agregación, el conjunto discreto *S* se extiende a un conjunto continuo $S = \{ s_\alpha | \alpha \in R \}$. Cualesquiera dos variables lingüísticas, $s_\alpha, s_\beta \in S$, satisfacen las siguientes leyes operativas [24]:

1) $s_\alpha \oplus s_\beta = s_\alpha + \beta$;
2) $\mu s_\alpha = s_{\mu\alpha}, \mu \geq 0$;
3) $\frac{s_\alpha}{s_\beta} = s_{\frac{\alpha}{\beta}}$

Definición 3 [25]. Dado X, un conjunto universo finito, un conjunto lingüístico neutrosófico de valor único (SVNLS), P, en X se define como en (4):

$$P = \left\{ \langle x, [s_{\theta(x)}, (T_P(x), I_P(x), F_P(x))] \rangle \middle| \ x \in X \right\} \quad (4)$$

Donde $s_{\theta(x)} \in \bar{S}$, la función de pertenencia de verdad, $T_P(x)$, la función de pertenencia de indeterminación, $I_P(x)$, y la función de pertenencia de falsedad $F_P(x)$, satisfacen la condición (5):

$$0 \leq T_P(x), I_P(x), F_P(x) \leq 1, 0 \leq T_P(x) + I_P(x) + F_P(x) \leq 3. \quad (5)$$

Para un SVNLS *P* en *X*, la cuádrupla $\langle s_{\theta(x)}, (T_P(x), I_P(x), F_P(x))\rangle$ se denomina número lingüístico neutrosófico de valor único (SVNLN) y se denota como x=⟨sθ(x), (Tx,Ix,Fx)⟩ $x = s_{\theta(x)}, (T_x, I_x, F_x)$ para simplificar los cálculos.

Definición 4 [25] Sea $x_i = \langle s_{\theta(xi)}, (T_{xi}, I_{xi}, F_{xi})\rangle$ $(i = 1, 2)$ dos SVNLNs. Las operaciones básicas son:

1) $x_1 \oplus x_2 = \langle s_{\theta(x1)} + \theta_{x2}, (T_{x1} + T_{x2} - T_{x1} * T_{x2}, I_{x1} * T_{x2}, F_{x1} * F_{x2})\rangle$
2) $\lambda_{x1} = \langle s_{\lambda\theta(x1)}, \left(1 - (1 - T_{x1})^{\lambda}, (I_{x1})^{\lambda}, (F_{x1})^{\lambda}\right)\rangle, \lambda > 0;$
3) $x_1^{\lambda} = \langle s_{\theta^{\lambda}(x_1)}, ((T_{x1})^{\lambda}, 1 - (1 - I_{x1})^{\lambda}, 1 - (1 - F_{x1})^{\lambda})\rangle, \lambda > 0.$

Definición 5 [25] Sean $x_i = \langle s_{\theta(xi)}, (T_{xi}, I_{xi}, F_{xi})\rangle$ $(i = 1, 2)$ dos SVNLNs. Su medida de distancia se define como en (6):

$$d(x_1, x_2 v) = \left[|s_{\theta(x1)} T_{x1} - s_{\theta(x2)} T_{x2}|^{\mu} + |s_{\theta(x1)} I_{x1} - s_{\theta(x2)} I_{x2}|^{\mu} + |s_{\theta(x1)} F_{x1} - s_{\theta(x2)} F_{x2}|^{\mu}\right]^{\frac{1}{\mu}} \quad (6)$$

En particular, la ecuación (6) se reduce a la distancia *Hamming* para SVNLS cuando y t la distancia euclidiana para SVNLS cuando $\mu = 2$.

2.2.2 Método MADM basado en SVNLOWAD-TOPSIS

Sea:

$A = \{A_1, \ldots, A_m\}$ conjunto de alternativas factibles discretas.

$C = \{C_1, \ldots, C_n\}$ conjunto de atributos.

$E = \{e_1, \ldots, e_k\}$ conjunto de expertos (o tomadores de decisiones, DMs) con el vector de pesos $\omega = \{\omega_1, \ldots, \omega_k\}^T$ *T*, tal que $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$ y $0 \leq \omega_i \leq 1$

Supóngase que el vector de pesos de los atributos es $v = (v_1, \ldots, v_n)^T$ cumpliendo $\sum_{i=1}^{n} v_i = 1$ y $v_i \in [0, 1]$

La evaluación, $\alpha_{ij}^{(k)}$, dada por el experto, $e_{t(t=1,\ldots,k)}$, sobre la alternativa, $A_{i(i=1,\ldots,m)}$, respecto al atributo $C_{j(j=1,\ldots,n)}$ forma la matriz de decisión individual como se muestra en (7):

$$D^k = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ \vdots \\ A_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} C_1 & \cdots & C_n \end{array} \\ \begin{pmatrix} \alpha_{11}^{(k)} & \cdots & \alpha_{1n}^{(k)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{m1}^{(k)} & \cdots & \alpha_{mn}^{(k)} \end{pmatrix} \end{array} \quad (7)$$

donde $\alpha_{ij}^k = \langle s_{\theta(\alpha_{ij})}^k, (T_{\alpha_{ij}}^k, I_{\alpha_{ij}}^k, F_{\alpha_{ij}}^k)\rangle$ está representado por un SVNLN, satisfaciendo $s_{\theta(\alpha ij)}^k \in \bar{S}, T_{\alpha_{ij}}^k, I_{\alpha_{ij}}^k, F_{\alpha_{ij}}^k \in [0,1]$ *y* $0 \leq T_{\alpha_{ij}}^k + I_{\alpha_{ij}}^k + F_{\alpha_{ij}}^k \leq 3$.

Geng et al [26] extendieron el método TOPSIS para adaptarlo al escenario SVNLS, y los procedimientos del modelo extendido se resumen a continuación.

Paso 1. Normalización de matrices de decisión individuales:

En escenarios prácticos, los problemas MADM pueden incluir atributos de beneficio (*B*) y costo (*S*). Las reglas de conversión especificadas en (8) son:

$$\begin{cases} r_{ij}^{(k)} = \alpha_{ij}^{(k)} = \langle s_{\theta(\alpha_{ij})}^k, (T_{\alpha_{ij}}^k, I_{\alpha_{ij}}^k, F_{\alpha_{ij}}^k)\rangle, & \text{para} \quad j \in B, \\ r_{ij}^{(k)} = \langle s_{l-\theta(\alpha_{ij})}^k, (T_{\alpha_{ij}}^k, I_{\alpha_{ij}}^k, F_{\alpha_{ij}}^k)\rangle, & \text{para} \quad j \in S. \end{cases} \quad (8)$$

Así, se establece la información de decisión estandarizada, $R^k = (r_{ij}^{(k)})_{m\times n}$, como en (9):

$$R^k = (r_{ij}^{(k)})_{m\times n} = \begin{pmatrix} r_{11}^{(k)} & \cdots & r_{1n}^{(k)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1}^{(k)} & \cdots & r_{mn}^{(k)} \end{pmatrix} \quad (9)$$

Paso 2. **Construcción de la matriz colectiva:**

Todas las opiniones de los DMs individuales se agregan en una opinión grupal:

$$R = (r_{ij})_{m\times n} = \begin{pmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix} \quad (10)$$

donde $r_{ij} = \sum_{k=1}^{t} \omega_k \, r_{ij}^{(k)}$.

Paso 3. Establecimiento de la información de decisión SVNL ponderada:

La matriz de decisión SVNL ponderada, Y*Y*, se forma como en (11), usando las leyes operativas de la Definición 2:

$$Y = (y_{ij})_{m\times n} = \begin{pmatrix} v_1 r_{11} & \cdots & v_n r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_1 r_{m1} & \cdots & v_n r_{mn} \end{pmatrix} \quad (11)$$

El operador OWA es fundamental en técnicas de agregación, estudiado ampliamente [27]. Su ventaja clave radica en organizar argumentos, facilitando la integración de actitudes de expertos en la toma de decisiones. Inspirados en esto, proponemos una medida de distancia SVNL OWA (SVNLOWAD): [28]

Definición 6. Sean $x_j, x_j^{'}$ $(j = 1,\ldots,n)$ dos colecciones de SVNLNs. La medida SVNLOWAD se define como

$$SVNLOWAD((x_1,x_1'),\ldots,(x_n,x_n')) = \sum_{j=1}^{n} w_j d(x_j, x_j'), \quad (12)$$

Paso 4. Cálculo de distancias SVNLOWAD:

Para cada alternativa A_i se calculan las distancias al PIS, A^+, y al NIS, A^-, usando (13) y (14):

$$SVNLOWAD(A_i, A^+) = \sum_{j=1}^{n} w_j \, \dot{d}(y_{ij}, y_j^+), i = 1,\ldots,m \quad (13)$$

$$SVNLOWAD(A_i, A^-) = \sum_{j=1}^{n} w_j \, \dot{d}(y_{ij}, y_j^-), i = 1,\ldots,m \quad (14)$$

donde $\dot{d}(y_{ij}, y_j^+)$ y $\dot{d}(y_{ij}, y_j^-)$ son los *j*-ésimos valores más grandes de las distancias respectivas..

Paso 5. **Coeficiente de cercanía modificado:** [29]

El coeficiente de cercanía relativa modificado, Ci, se introduce para medir simultáneamente la proximidad al PIS y lejanía del NIS:

$$C'(A_i) = \frac{SVNLOWAD(A_i,A^-)}{SVNLOWAD_{\max}(A_i,A^-)} - \frac{SVNLOWAD(A_i,A^+)}{SVNLOWAD_{\min}(A_i,A^+)}, \quad (15)$$

donde

$$SVNLOWAD_{\max}(A_i, A^-) = \max_{1\le i\le m} SVNLOWAD(A_i, A^-), \quad (16)$$

y

$$SVNLOWAD_{\min}(A_i, A^+) = \min_{1\le i\le m} SVNLOWAD(A_i, A^+). \quad (17)$$

Claramente $C'(A_i) \le 0$ $(i = 1, \ldots, m)$, y un valor mayor de $C'(A_i)$, indica una mejor alternativa. Si A^* cumple con la condicion: $SVNLOWAD(A^*, A^-) = SVNLOWAD_{\max}(A^*, A^-)$ y $SVNLOWAD(A^*, A^+) = SVNLOWAD_{\min}(A^*, A^+)$, entonces $C'(A^*) = 0$, siendo A^* la alternativa óptima.

Paso 6. Clasificación:

Se ordenan las alternativas según $C'(A_i)$ en orden decreciente, identificando la(s) más deseable(s).

3. Resultados

El análisis de la literatura evidenció que el cociente sFlt-1/PlGF posee un valor predictivo y diagnóstico claramente establecido en el manejo de la preeclampsia (PE). Los estudios revisados confirmaron que un valor inferior a 38 descartaba la presencia de PE en el momento de la prueba y reducía significativamente el riesgo de desarrollarla en la siguiente semana. Por el contrario, cocientes superiores a 85 en PE temprana o 110 en PE tardía indicaban una alta probabilidad de la enfermedad, requiriendo manejo clínico inmediato [30]. En casos con valores extremadamente elevados (>655 antes de la semana 34 o >201 después), se observó una fuerte asociación con la necesidad de finalizar la gestación en las siguientes 48 horas, lo que justificaba vigilancia intensiva y corticoterapia antenatal para maduración pulmonar fetal. [31,38]

Para los casos con cocientes intermedios (38-85 en PE temprana o 38-110 en PE tardía), aunque no confirmaban PE al momento de la prueba, señalaban un riesgo moderado de progresión en las siguientes cuatro semanas[32]. Estos hallazgos respaldaron la utilidad del marcador no solo para el diagnóstico, sino también para la estratificación de riesgo, permitiendo ajustar la frecuencia de monitorización según la dinámica del cociente. Sin embargo,

se identificó que, incluso en ausencia de PE, las pacientes en este rango presentaron mayor incidencia de parto prematuro, lo que reforzó la necesidad de considerarlas dentro del espectro de alto riesgo. [33]

Desde una perspectiva clínica, la implementación del cociente sFlt-1/PlGF demostró potencial para optimizar la toma de decisiones. Su capacidad para diferenciar entre pacientes con bajo, moderado y alto riesgo permitiría reducir hospitalizaciones innecesarias en casos con valores bajos, mientras que en aquellos con cocientes elevados facilitaría intervenciones oportunas. No obstante, la literatura también destacó limitaciones, como la variabilidad en los puntos de corte según la edad gestacional y la falta de consenso sobre la frecuencia óptima de mediciones seriadas en pacientes con valores intermedios. [34,39]

Al trasladar estos hallazgos al contexto ecuatoriano, surgieron desafíos específicos derivados de las marcadas diferencias entre los sistemas de salud estudiados (principalmente de países desarrollados) y la realidad local. La principal limitación encontrada fue la falta de datos locales sobre la efectividad costo-beneficio de implementar esta prueba en el sistema de salud ecuatoriano. Mientras estudios como el de [35] demostraron ahorros en el Reino Unido al incorporar el sFlt-1/PlGF en la evaluación clínica rutinaria, la extrapolación de estos resultados a Ecuador requeriría considerar variables como la prevalencia específica de PE, la capacidad diagnóstica de los centros periféricos y la disponibilidad de tratamientos oportunos. Además, al basarse en resultados intermedios (como la reducción de falsos positivos), aún no se ha cuantificado plenamente cómo este método impacta en desenlaces finales, como la disminución de mortalidad materno-fetal o complicaciones graves.

A pesar de esto, la capacidad del cociente para reducir hospitalizaciones innecesarias y optimizar el uso de recursos sugiere que su implementación podría ser beneficiosa, especialmente en zonas con acceso limitado a especialistas. La tabla 1 muestra un grupo de estrategias centradas la implementación del cociente sFlt-1/PlGF en el contexto nacional.

Tabla 1: Estrategias para la implementación del cociente sFlt-1/PlGF.

Estrategia	Descripción
Capacitación en centros de referencia	Entrenamiento a profesionales de hospitales terciarios en uso e interpretación del biomarcador.
Piloto en zonas de alta prevalencia	Implementación controlada en regiones con elevada incidencia de PE
Inclusión en guías nacionales	Actualización de protocolos del MSP con umbrales ajustados a datos locales.
Monitoreo continuo con tiras reactivas	Uso de pruebas rápidas en centros primarios para derivación oportuna.

Para determinar la priorización de las estrategias propuestas, se establecieron cuatro criterios fundamentales para la evaluación de su viabilidad, impacto y adaptabilidad dentro del sistema de salud ecuatoriano. Estos criterios fueron seleccionados en función de las necesidades identificadas en la revisión bibliográfica y las particularidades del contexto local, garantizando una evaluación más objetiva.

El primer criterio, *factibilidad técnica*, busca evaluar la capacidad del sistema de salud para implementar cada estrategia considerando aspectos como disponibilidad de equipos, capacitación del personal y complejidad logística. Este criterio es esencial para descartar propuestas inviables en el corto plazo debido a limitaciones estructurales. El segundo criterio, analizó el potencial de cada alternativa para mejorar los resultados en salud materno-fetal. Se consideró dentro del *impacto clínico*, parámetros relacionados con la reducción en diagnósticos tardíos, disminución de complicaciones graves y optimización del manejo de pacientes con riesgo intermedio.

Por su parte, el tercer criterio evaluado consideró la *sostenibilidad económica* como elemento para examinar la relación entre costos y beneficios a mediano y largo plazo. Se valoraron no solo los recursos financieros requeridos para la implementación inicial, sino también la eficiencia en el uso de fondos públicos y la posibilidad de integración dentro de los presupuestos existentes. Finalmente, el cuarto criterio, *adaptabilidad regional*, midió la capacidad de cada estrategia para ser aplicada de manera equitativa en distintas zonas del país, incluyendo áreas urbanas y rurales con diferentes niveles de acceso a servicios de salud. Este aspecto fue crítico para evitar soluciones centralizadas que perpetuaran desigualdades en la atención.

Los especialistas determinaron los pesos relativos de cada criterio mediante un proceso de consenso. Según su criterio profesional, el factor C1 recibió una ponderación del 20 %, mientras que los criterios C3 y C4 obtuvieron cada uno una importancia relativa del 25 %. El criterio considerado más relevante fue C2, al que se le asignó el mayor peso con un 30%. Esta distribución refleja la valoración experta sobre la influencia relativa que cada factor debería tener en el proceso de evaluación global.

Los especialistas involucrados en la investigación emitieron valoraciones para cada alternativa en función de los criterios establecidos. Estas valoraciones se presentan mediante información de decisión en un entorno de SVNL, empleando un conjunto de términos lingüísticos definidos como $(S = s_1 = \text{“}extremadamente\ pobre\text{”}, s_2 \text{“}muy\ pobre\text{”}, s_3 = \text{”}pobre\text{”}, s_4 = \text{“}suficiente\text{”}, s_5 = \text{“}bueno\text{”}, s_6 = \text{“}muy\ bueno\text{”}, s_7 = \text{“}extremadamente\ bueno\text{”})$. La tabla 2 muestra los resultados de este proceso para cada uno de los tomadores de decisiones.

Tabla 2: Evaluación de las alternativas para cada experto.

Alternativas	Experto 1	Experto 2	Experto 3
		Factibilidad técnica	
Capacitación en centros de referencia	S_5(0.4,0.2,0.3)	S_5(0.4,0.3,0.4)	S_6(0.5,0.2,0.3)
Piloto en zonas de alta prevalencia	S_6(0.6,0.1,0.2)	S_6(0.7,0.2,0.3)	S_5(0.5,0.2,0.3)
Inclusión en guías nacionales	S_5(0.4,0.3,0.4)	S_6(0.4,0.2,0.4)	S_6(0.5,0.1,0.3)
Monitoreo continuo con tiras reactivas	S_6(0.7,0.2,0.3)	S_4(0.8,0.1,0.2)	S_4(0.6,0.1,0.2)
		Impacto clínico	
Capacitación en centros de referencia	S_5(0.4,0.2,0.3)	S_6(0.5,0.1,0.2)	S_6(0.6,0.2,0.4)
Piloto en zonas de alta prevalencia	S_5(0.6,0.1,0.2)	S_6(0.7,0.2,0.3)	S_4(0.7,0.2,0.2)
Inclusión en guías nacionales	S_4(0.5,0.2,0.3)	S_6(0.6,0.3,0.4)	S_5(0.6,0.1,0.3)
Monitoreo continuo con tiras reactivas	S_4(0.6,0.1,0.2)	S_5(0.7,0.2,0.3)	S_4(0.5,0.2,0.2)
		Sostenibilidad económica	
Capacitación en centros de referencia	S_3(0.3,0.2,0.5)	S_5(0.3,0.1,0.6)	S_5(0.2,0.1,0.6)
Piloto en zonas de alta prevalencia	S_4(0.5,0.2,0.2)	S_5(0.6,0.2,0.2)	S_5(0.7,0.2,0.1)
Inclusión en guías nacionales	S_3(0.5,0.3,0.1)	S_4(0.6,0.1,0.3)	S_4(0.6,0.2,0.1)
Monitoreo continuo con tiras reactivas	S_3(0.3,0.1,0.2)	S_4(0.4,0.2,0.2)	S_3(0.4,0.1,0.1)
		Adaptabilidad regional	
Capacitación en centros de referencia	S_4(0.5,0.3,0.3)	S_3(0.7,0.1,0.1)	S_4(0.5,0.2,0.3)
Piloto en zonas de alta prevalencia	S_3(0.6,0.2,0.4)	S_4(0.5,0.4,0.2)	S_6(0.4,0.6,0.2)
Inclusión en guías nacionales	S_5(0.3,0.5,0.2)	S_5(0.4,0.4,0.1)	S_4(0.3,0.6,0.2)
Monitoreo continuo con tiras reactivas	S_6(0.6,0.1,0.2)	S_6(0.6,0.3,0.3)	S_5(0.7,0.2,0.1)

A partir de estos datos se procedió a derivar la opinión colectiva y a elaborar la matriz de decisión SVNL consolidada, la cual se muestra en la Tabla 3. Este procedimiento resultó esencial para integrar las valoraciones individuales de los expertos, permitiendo obtener una visión unificada de las alternativas analizadas.

Tabla 3: Matriz de decisión SVNL colectiva.

Estrategias	Factibilidad técnica	Impacto clínico	Sostenibilidad económica	Adaptabilidad regional
Capacitación en centros de referencia	$S_{5.28}$(0.432,0.232,0.334)	$S_{5.61}$(0.503,0.162,0.292)	$S_{4.29}$(0.266,0.129,0.568)	$S_{3.63}$(0.575,0.185,0.211)
Piloto en zonas de alta prevalencia	$S_{5.61}$(0.605,0.162,0.266)	$S_{4.95}$(0.666,0.162,0.232)	$S_{4.62}$(0.605,0.203,0.162)	$S_{4.29}$(0.503,0.367,0.255)
Inclusión en guías nacionales	$S_{5.61}$(0.432,0.185,0.367)	$S_{4.95}$(0.565,0.185,0.334)	$S_{3.63}$(0.565,0.185,0.147)	$S_{4.62}$(0.332,0.497,0.162)
Monitoreo continuo con tiras reactivas	$S_{4.62}$(0.708,0.129,0.232)	$S_{4.29}$(0.605,0.162,0.232)	$S_{3.3}$(0.365,0.129,0.162)	$S_{5.61}$(0.633,0.185,0.185)

La construcción de la matriz colectiva ponderada se fundamenta en la aplicación de las reglas operativas propias del enfoque SVNL. El resultado de este cálculo se presenta en la Tabla 4. Esta metodología asegura una integración adecuada de las ponderaciones asignadas a cada criterio, junto con las evaluaciones individuales emitidas por los expertos.

Tabla 4: Matriz de decisión SVNL colectiva ponderada.

Estrategias	Factibilidad técnica	Impacto clínico	Sostenibilidad económica	Adaptabilidad regional
Capacitación en centros de referencia	$S_{1.06}(0.107;0.75;0.8)$	$S_{1.06}(0.1;0.76;0.83)$	$S_{1.06}(0.074;0.6;0.87)$	$S_{1.06}(0.29;0.51;0.54)$
Piloto en zonas de alta prevalencia	$S_{1.12}(0.17;0.69;0.77)$	$S_{1.12}(0.152;0.76;0.8)$	$S_{1.12}(0.207;0.67;0.63)$	$S_{1.12}(0.244;0.67;0.58)$
Inclusión en guías nacionales	$S_{1.12}(0.107;0.71;0.82)$	$S_{1.12}(0.117;0.78;0.85)$	$S_{1.12}(0.188;0.66;0.62)$	$S_{1.12}(0.149;0.76;0.48)$
Monitoreo continuo con tiras reactivas	$S_{0.92}(0.218;0.66;0.75)$	$S_{0.92}(0.13;0.76;0.8)$	$S_{0.92}(0.107;0.6;0.63)$	$S_{0.92}(0.33;0.51;0.51)$

Los responsables de la toma de decisiones establecieron el vector de ponderaciones para el operador OWA como W = (0.15, 0.30, 0.35, 0.20), reflejando así sus preferencias y consideraciones estratégicas. Posteriormente, mediante la aplicación de las ecuaciones 13 y 14, se determinaron las medidas de distancia SVNLOWAD entre cada alternativa y los puntos de referencia ideal (PIS) y anti-ideal (NIS).

Tabla 5: Distancias relativas entre cada alternativa y los puntos de referencia positivos y negativos.

Estrategias	$\boldsymbol{SVNLOWAD\ (A_i, A^+)}$	$\boldsymbol{(SVNLOWAD(A_i, A^-)}$	C`
Capacitación en centros de referencia	0.123	0.12	-2.17
Piloto en zonas de alta prevalencia	0.057	0.093	-1.04
Inclusión en guías nacionales	0.093	0.132	-1.63
Monitoreo continuo con tiras reactivas	0.064	0.01	-1.25

Los resultados obtenidos permitieron discernir de manera clara cuáles estrategias ofrecían mayores ventajas en términos de alineación con el ideal de referencia y de alejamiento del punto no deseado. Se concluyó que la estrategia orientada a la implementación de un piloto en zonas de alta prevalencia presentó una posición más favorable, evidenciándose como la alternativa que se aproximó más al escenario ideal, al tiempo que se distanció del punto negativo. Esto resultó en un indicativo de que esta estrategia puede generar un impacto significativo en la optimización del algoritmo de manejo de mujeres embarazadas, especialmente en entornos con alta incidencia de trastornos placentarios. [40]

Por otro lado, la estrategia vinculada a la inclusión en guías nacionales fue valorada de manera intermedia, sugiriéndose que su adopción podría resultar beneficiosa, aunque requeriría de una adecuada contextualización en el marco de políticas locales. La opción de monitoreo continuo con tiras reactivas, a pesar de evidenciar una buena proximidad al ideal positivo, se encontró limitada por su posicionamiento en relación al ideal negativo, lo cual restó a su valoración global. Asimismo, la capacitación en centros de referencia se interpretó como la alternativa menos ventajosa, debido a que se evidenció una mayor distancia respecto al punto deseable.

Estos resultados, obtenidos a partir de la síntesis de evaluaciones individuales y ponderadas, proporcionaron una base sólida para establecer prioridades en la implementación de las estrategias. La aplicación de este método resultó crucial para fundamentar decisiones orientadas a optimizar la atención materno-fetal en el contexto estudiado.

4. Discusión

La aplicación de la lógica neutrosófica en este estudio demostró ser fundamental para abordar la inherente complejidad en la toma de decisiones sanitarias. A diferencia de los métodos tradicionales, que suelen forzar dicotomías simplistas, este enfoque permitió manejar de manera explícita las zonas grises que caracterizan los problemas reales de salud pública. La capacidad de trabajar simultáneamente con certezas, incertidumbres y contradicciones resultó particularmente valiosa al evaluar estrategias en un sistema de salud con marcadas desigualdades regionales y limitaciones de recursos. [41]

Lo distintivo del método fue su habilidad para cuantificar lo que otros modelos suelen dejar como apreciaciones cualitativas. Al incorporar no solo la valoración de los expertos, sino también los grados de indeterminación asociados a cada criterio, el análisis reveló matices críticos que posiblemente hubieran permanecido ocultos. En tal contexto, resulta relevante que el análisis realizado permitió identificar que algunas estrategias aparentemente sólidas en teoría, mostraban vulnerabilidades operativas al confrontarse con la realidad del sistema de salud ecuatoriano. [42]

La integración y empleo de TOPSIS-OWA añadió rigor al proceso sin sacrificar flexibilidad. Mientras los métodos convencionales podrían haber producido una jerarquización rígida, el enfoque combinado generó resultados que reconocían la naturaleza dinámica de los problemas de salud materna. Esto fue especialmente apreciable al evaluar las estrategias donde factores como la adaptabilidad regional o la sostenibilidad económica presentan altos grados de variabilidad e incertidumbre.

Más allá de los resultados específicos, el verdadero aporte de esta metodología estuvo en su capacidad para estructurar discusiones complejas sin simplificarlas excesivamente. Proporcionó un marco donde las contradicciones propias de los sistemas de salud no eran obstáculos, sino insumos valiosos para la toma de decisiones.

5. Conclusión

El estudio realizado permitió sistematizar la evidencia científica sobre la utilidad del cociente sFlt-1/PlGF en el manejo de la preeclampsia, confirmando su valor predictivo y diagnóstico, particularmente para estratificar riesgos y optimizar intervenciones clínicas. Se empleó la lógica neutrosófica, unido a métodos de decisión multicriterios para la priorización de estrategias de implementación adaptadas al contexto ecuatoriano, superando las limitaciones de enfoques tradicionales al incorporar de manera explícita la incertidumbre y variabilidad propias de los sistemas de salud. Esto posibilitó identificar que la estrategia más viable fue la implementación piloto en zonas de alta prevalencia, al equilibrar factibilidad técnica, impacto clínico y adaptabilidad regional.

La integración de TOPSIS-OWA con neutrosofía demostró ser un aporte metodológico clave, ya que cuantificó aspectos cualitativos y contradicciones inherentes a la toma de decisiones en salud pública. Este enfoque no solo proporcionó una jerarquización objetiva de alternativas, sino que también reveló compensaciones ocultas. Los resultados sentaron bases para futuras investigaciones que evalúen el impacto real de estas estrategias en desenlaces clínicos y económicos, así como explorar la escalabilidad del modelo en otros problemas complejos de salud materno-infantil. El estudio destacó la necesidad de desarrollar protocolos locales que consideren tanto la evidencia internacional como las particularidades del sistema de salud ecuatoriano.

Referencias

[1] V. Velumania, C. D. Cárdenas, and L. S. H. Gutiérrez, "Preeclampsia: una mirada a una enfermedad mortal," *Rev. la Fac. Med. UNAM*, vol. 64, no. 5, pp. 7–18, 2021, [Online]. Available: https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=102348.

[2] L. L. M. Rodríguez, A. J. E. Ramírez, Y. A. T. Yamunaque, and K. L. C. Ramos, "Preeclampsia severa y sus complicaciones a propósito de un caso," *RECIMUNDO Rev. Científica la Investig. y el Conoc.*, vol. 4, no. 4, pp. 343–352, 2020, [Online]. Available: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7999162.

[3] J. Rivadeneira, M. Jácome-García, M. J. Guerra-Tello, L. Fuenmayor-González, and N. García-Méndez, "Diagnóstico y manejo en primer nivel de atención de preeclampsia posparto de inicio tardío. Reporte de caso.," *Rev. la Fac. Ciencias Médicas*, vol. 48, no. 1, pp. 27–31, 2023, [Online]. Available: https://doi.org/10.29166/rfcmq.v48i1.5434.

[4] A. E. V. Yánez *et al.*, "Actualización en el manejo de preeclampsia: Artículo de revisión: Update on the management of preeclampsia," *LATAM Rev. Latinoam. Ciencias Soc. y Humanidades*, vol. 5, no. 4, pp. 3309–3323, 2024, [Online]. Available: https://doi.org/10.56712/latam.v5i4.2496.

[5] A. G. Múnera-Echeverri, E. Muñoz-Ortiz, and J. A. Ibarra-Burgos, "Hipertensión arterial y embarazo," *Rev. Colomb. Cardiol.*, vol. 28, no. 1, pp. 3–13, 2021, [Online]. Available: https://doi.org/10.24875/rccar.m21000002.

[6] P. Arriaga-García and V. Montes-Martínez, "Prevalencia de las categorías de hipertensión inducida por el embarazo que preceden a eclampsia," *Ginecol. Obstet. Mex.*, vol. 89, no. 5, pp. 364–372, 2021, [Online]. Available: https://doi.org/10.24245/gomv89i5.4679.

[7] F. J. Santa Cruz-Pavlovich, C. A. Salmeron-Salcedo, M. S. Ponce-Rivera, and A. Luna-Flores, "Preeclampsia: revisión," *Rev. Homeost.*, vol. 5, no. 1, 2023, [Online]. Available: https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=112071.

[8] T. A. González-Verdezoto, J. M. A. Muñoz, and G. N. O. Maroto, "Preeclampsia y embarazo en adolescentes: factores de riesgo, repercusiones clínicas y socioeconómicas," *Medicentro Electrónica*, vol. 28, p. e4291, 2024, [Online]. Available: https://medicentro.sld.cu/index.php/medicentro/article/view/4291/3374.

[9] Q. G. J. Luis, G. G. L. Marisol, P. B. S. Piedad, P. V. J. Tatiana, and P. P. D. Cecilia, "Validación del Score Mamá y MACAS en pacientes de la Región Amazónica del Ecuador," *Rev. Médica Vozandes*, vol. 31, no. 2, 2020, [Online]. Available: https://revistamedicavozandes.com/wp-content/uploads/2021/01/01_A0_01.pdf.

[10] C. A. Ruiz Sosa and D. O. Aguilar Ramírez, "Costo-efectividad de la inclusión de la relación sFlt-1/PlGF sumada a la evaluación clínica habitual comparada con la evaluación clínica habitual sola para el diagnóstico y predicción de preeclampsia a corto plazo en pacientes gestantes mayores de 18 años." (Tesis de Grado) Universidad de Antioquia,

2022, [Online]. Available: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/29967.

[11] F. J. Cruz-Martínez, "Fisiopatología de la preeclampsia placentaria," *Arch. Med. Urgenc. México*, vol. 16, no. 1, pp. 37–44, 2024, [Online]. Available: https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=115761.

[12] J. Duarte, M. E. Ezeta, G. Sánchez, V. Lee-Eng, and S. Romero, "Factores de riesgo asociados con preeclampsia severa (con criterios de severidad)," *Med. Interna México*, vol. 38, no. 1, pp. 99–108, 2022, [Online]. Available: https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=104155.

[13] I. Cordero Moreno and M. Víquez Víquez, "Factores Angiogénicos como Predictores en el Diagnóstico de la Restricción del Crecimiento Intrauterino: Un Meta-análisis y Revisión Sistemática." (Tesis de Grado) Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 2024, [Online]. Available: https://hdl.handle.net/10669/100287.

[14] G. L. San Miguel, M. F. C. León, G. C. V. Flores, and R. T. Domínguez, "Biomarcadores para determinar preeclampsia y restricción del crecimiento intrauterino," *Mediciencias UTA*, vol. 8, no. 4, pp. 103–111, 2024, [Online]. Available: https://doi.org/10.31243/mdc.uta.v8i4.2630.2024.

[15] S. X. Peñarreta-Quezada, J. A. Yanza-Freire, and F. V. Bejarano-Muñoz, "Actualización sobre las principales guías clínicas de manejo en trastornos hipertensivos del embarazo," *Rev. Inf. Científica*, vol. 102, 2023, [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1028-99332023000100064&script=sci_arttext&tlng=en.

[16] D. Xu and L. Peng, "An Improved Method Based on TODIM and TOPSIS for Multi-Attribute Decision-Making with Multi-Valued Neutrosophic Sets.," *C. Model. Eng. Sci.*, vol. 129, no. 2, pp. 907–926, 2021, [Online]. Available: https://cdn.techscience.cn/ueditor/files/cmes/TSP_CMES-129-2/TSP_CMES_16720/TSP_CMES_16720.pdf.

[17] S. Habib, A. Ashraf, M. A. Butt, and M. Ahmad, "Medical diagnosis based on single-valued neutrosophic information," *Neutrosophic Sets Syst.*, vol. 42, pp. 302–323, 2021, [Online]. Available: https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=MFxCEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA302&dq=indeterminatio n+nutrosophic+data+diagnosis&ots=3VsohhuauR&sig=ei77DSSmfGT_GyKc55kxFj9fXtY.

[18] J. Chen, S. Zeng, and C. Zhang, "An OWA distance-based, single-valued neutrosophic linguistic topsis approach for green supplier evaluation and selection in low-carbon supply chains," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 15, no. 7, p. 1439, 2018, [Online]. Available: https://www.mdpi.com/1660-4601/15/7/1439.

[19] F. Smarandache, "Introduction to NeutroAlgebraic Structures and AntiAlgebraic Structures (revisited).," *Neutrosophic Sets Syst.*, vol. 31, pp. 1–17, 2020, [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1193&context=math_fsp.

[20] S. Chakraborty, "TOPSIS and Modified TOPSIS: A comparative analysis," *Decis. Anal. J.*, vol. 2, p. 100021, 2022, [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277266222100014X.

[21] F. Liu, Y. Shang, and L. Pan, "A modified TOPSIS method for obtaining the associated weights of the OWA-type operators," *Int. J. Intell. Syst.*, vol. 30, no. 10, pp. 1101–1116, 2015, [Online]. Available: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/int.21737.

[22] P. Biswas, S. Pramanik, and B. C. Giri, "Neutrosophic TOPSIS with Group Decision Making BT - Fuzzy Multi-criteria Decision-Making Using Neutrosophic Sets," C. Kahraman and İ. Otay, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 543–585.

[23] R. Mesiar, L. Šipeky, P. Gupta, and J. LeSheng, "Aggregation of OWA operators," *IEEE Trans. Fuzzy Syst.*, vol. 26, no. 1, pp. 284–291, 2017, [Online]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7820105/.

[24] Z. Xu, "A note on linguistic hybrid arithmetic averaging operator in multiple attribute group decision making with linguistic information," *Gr. Decis. Negot.*, vol. 15, pp. 593–604, 2006, [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s10726-005-9008-4#citeas.

[25] E. Zhang, F. Chen, and S. Zeng, "Integrated weighted distance measure for single-valued neutrosophic linguistic sets and its application in supplier selection," *J. Math.*, vol. 2020, pp. 1–10, 2020, [Online]. Available: https://www.hindawi.com/journals/jmath/2020/6468721/.

[26] J. J. Geng, H. Y. Wanhong, and D. S. Xu, "A Method Based on TOPSIS and Distance Measures for Single-Valued Neutrosophic Linguistic Sets and Its Application," *IAENG Int. J. Appl. Math.*, vol. 51, no. 3, pp. 1–8, 2021, [Online]. Available: http://www.iaeng.org/IJAM/issues_v51/issue_3/IJAM_51_3_11.pdf.

[27] C. Llopis, J. M. Merigó, H. Liao, Y. Xu, J. Grima, and C. Grima, "Water policies and conflict resolution of public participation decision-making processes using prioritized ordered weighted averaging (OWA) operators," *Water Resour. Manag.*, vol. 32, pp. 497–510, 2018, [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-017-1823-2.

[28] S. Xian, W. Sun, S. Xu, and Y. Gao, "Fuzzy linguistic induced OWA Minkowski distance operator and its application in group decision making," *Pattern Anal. Appl.*, vol. 19, pp. 325–335, 2016, [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s10044-014-0397-3.

[29] S. Zeng, J. Chen, and X. Li, "A hybrid method for Pythagorean fuzzy multiple-criteria decision making," *Int. J. Inf. Technol. Decis. Mak.*, vol. 15, no. 02, pp. 403–422, 2016, [Online]. Available: https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0219622016500012.

[30] S. Verlohren *et al.*, "Clinical interpretation and implementation of the sFlt-1/PlGF ratio in the prediction, diagnosis and management of preeclampsia," *Pregnancy Hypertens.*, vol. 27, pp. 42–50, 2022, [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.preghy.2021.12.003.

[31] A. Velegrakis, E. Kouvidi, P. Fragkiadaki, and S. Sifakis, "Predictive value of the sFlt-1/PlGF ratio in women with suspected preeclampsia: An update," *Int. J. Mol. Med.*, vol. 52, no. 4, p. 89, 2023, [Online]. Available: https://www.spandidos-publications.com/10.3892/ijmm.2023.5292.

[32] P. Nikuei *et al.*, "Diagnostic accuracy of sFlt1/PlGF ratio as a marker for preeclampsia," *BMC Pregnancy Childbirth*, vol. 20, pp. 1–6, 2020, [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s12884-020-2744-2.

[33] M. L. Costa, R. de C. Cavalli, H. A. Korkes, E. V. da Cunha Filho, and J. C. Peraçoli, "Diagnosis and management of preeclampsia: suggested guidance on the use of biomarkers," *Rev. Bras. Ginecol. e Obs.*, vol. 44, no. 9, pp. 878–883, 2023, [Online]. Available: https://doi.org/10.1055/s-0042-1744286.

[34] E. Bonacina *et al.*, "sFlt-1 to PlGF ratio cut-offs to predict adverse pregnancy outcomes in early-onset FGR and SGA: a prospective observational study," *J. Obstet. Gynaecol. (Lahore).*, vol. 42, no. 7, pp. 2840–2845, 2022, [Online]. Available: https://doi.org/10.1080/01443615.2022.2109956.

[35] G. K. Frampton, J. Jones, M. Rose, and L. Payne, "Placental growth factor (alone or in combination with soluble fms-like tyrosine kinase 1) as an aid to the assessment of women with suspected pre-eclampsia: systematic review and economic analysis," *Health Technol. Assess. (Rockv).*, vol. 20, no. 87, pp. 1–160, 2016, [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.3310/hta20870.

[36] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[37] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[38] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[39] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[40] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[41] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[42] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 22, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Factores causales clave del síndrome de Hamman posparto

Key causal factors of postpartum Hamman's syndrome

Oscar David Salazar Correa [1], Camila Dayaneth Mier Báez [2], and Washington Omar Guevara Pérez [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. docentettp115@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. camilamb75@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador. ui.washingtongp68@uniandes.edu.ec

Resumen. Este estudio evaluó los factores asociados al síndrome de Hamman posparto mediante un análisis basado en DEMATEL y lógica neutrosófica, con el fin de modelar sus relaciones causales y determinar su impacto. La selección de factores se sustentó en una revisión sistemática de la bibliografía especializada, identificando 10 variables clínicamente relevantes. Ocho expertos en obstetricia y neumología evaluaron las interacciones entre estos factores utilizando escalas lingüísticas neutrosóficas, lo que permitió manejar la incertidumbre inherente a los datos clínicos. Los resultados mostraron que la maniobra de Valsalva intensa y la duración prolongada del segundo período expulsivo fueron los factores más influyentes, actuando como nodos centrales en la red de interacciones. La primigestación destacó como el principal factor causal, mientras que el enfisema subcutáneo cervical, la macrosomía fetal y la analgesia epidural se identificaron como efectos más que como causas. Otros factores como la edad materna avanzada y los antecedentes respiratorios tuvieron menor prominencia, sugiriendo un papel menos directo en el desarrollo del síndrome. La integración de DEMATEL con neutrosofía demostró ser efectiva para analizar problemas médicos complejos, diferenciando claramente entre causas y efectos. Este enfoque podría extenderse a otras complicaciones obstétricas, ofreciendo una herramienta valiosa para la toma de decisiones clínicas basadas en evidencia.

Palabras Claves: síndrome de Hamman, DEMATEL, neutrosofía, relaciones causales, obstetricia, toma de decisiones clínicas

Abstract. This study evaluated factors associated with postpartum Hamman's syndrome using an integrated DEMATEL and neutrosophic logic analysis to model causal relationships and determine their impact. Factor selection was based on a systematic literature review, identifying 10 clinically relevant variables. Eight obstetrics and pulmonology experts assessed interactions between these factors using neutrosophic linguistic scales, enabling management of inherent clinical data uncertainty. Results demonstrated that intense Valsalva maneuver and prolonged second stage of labor emerged as the most influential factors, functioning as central nodes in the interaction network. Primigravidity was identified as the primary causal factor, while cervical subcutaneous emphysema, fetal macrosomia, and epidural analgesia were characterized as effects rather than causes. Other factors including advanced maternal age and respiratory history showed lower prominence, suggesting a less direct role in syndrome development. The integration of DEMATEL with neutrosophy proved effective for analyzing complex medical problems by clearly differentiating between causes and effects. This approach could be extended to other obstetric complications, providing a valuable evidence-based clinical decision-making tool.

Keywords: Hamman's syndrome, DEMATEL, neutrosophy, causal relationships, obstetrics, clinical decision-making.

1 Introducción

El síndrome de *Hamman*, también conocido como neumomediastino espontáneo, es una afección poco frecuente que se presenta en aproximadamente 1 de cada 100.000 partos [1]. Fue descrito por primera vez por Louis Hamman en la década de 1940 y se caracteriza por la presencia de aire en el mediastino sin un traumatismo subyacente [2]. Aunque suele afectar a varones jóvenes, también se ha documentado en mujeres embarazadas, especialmente durante el trabajo de parto prolongado [3]. Este fenómeno está relacionado con la maniobra de Valsalva prolongada, frecuente en la segunda etapa del parto, así como con episodios de tos intensa, vómitos o esfuerzo físico excesivo. [4]

Clínicamente, puede manifestarse con disnea, dolor torácico y un sonido crepitante sincronizado con el pulso,

conocido como el "signo de Hamman", que se detecta mediante auscultación cuando la paciente se encuentra en decúbito lateral izquierdo [5]. En la mayoría de los casos, la condición es autolimitada y benigna; sin embargo, en situaciones excepcionales, puede derivar en complicaciones graves como neumomediastino maligno, lo que requiere una intervención médica inmediata.[6]

A pesar de su baja incidencia, este síndrome plantea desafíos importantes en el ámbito obstétrico y neumológico. El diagnóstico suele ser complejo, ya que sus síntomas pueden confundirse con otras patologías torácicas, como neumotórax o embolismo pulmonar, lo que puede retrasar la identificación y el manejo adecuado. La falta de conocimiento sobre su fisiopatología y los factores predisponentes dificulta la implementación de estrategias preventivas eficaces [7,26]. Además, el subregistro de casos y la escasez de estudios amplios han limitado la comprensión integral de la enfermedad, dejando un vacío en la literatura científica respecto a su incidencia real y los factores que aumentan la susceptibilidad en determinadas pacientes. En este contexto, resulta fundamental adoptar estrategias de análisis que permitan comprender mejor los factores biomédicos y clínicos implicados en su aparición, con el fin de optimizar su detección temprana y minimizar sus posibles complicaciones.

El estudio de este síndrome requiere un análisis basado en información verificable que permita identificar relaciones causales y cuantificar la influencia de distintos factores. La variabilidad en los síntomas y la falta de patrones clínicos uniformes hacen necesario un enfoque que integre múltiples fuentes de información para evaluar el problema de manera estructurada [8]. La identificación de relaciones entre variables biomédicas, antecedentes obstétricos y condiciones predisponentes permitirá mejorar los protocolos de atención en el parto y el posparto. Para lograrlo, es indispensable aplicar métodos que permitan gestionar la complejidad de los datos clínicos sin depender únicamente de la experiencia subjetiva de los profesionales de la salud.

Los modelos tradicionales empleados en el estudio de este tipo de afecciones suelen basarse en enfoques deterministas, los cuales presentan limitaciones al analizar fenómenos con alto grado de incertidumbre. La variabilidad en la respuesta clínica de las pacientes, junto con la falta de estudios de gran escala, dificulta el establecimiento de relaciones directas entre las posibles causas y el desarrollo del síndrome. Además, los métodos clásicos no siempre permiten capturar la ambigüedad inherente a los datos clínicos, ya que en muchos casos los registros médicos son incompletos o dependen de interpretaciones subjetivas [9,27], [10]. Esta falta de precisión en la identificación de factores influyentes puede llevar a conclusiones erróneas y a estrategias de prevención ineficaces.

Para superar estas limitaciones, se ha propuesto el uso de herramientas que permitan evaluar la interdependencia de diversos factores bajo condiciones de incertidumbre. Técnicas de análisis multicriterio como TOPSIS y AHP han sido ampliamente utilizadas en estudios biomédicos para priorizar alternativas y determinar relaciones causales [11], [12]. No obstante, estas metodologías pueden verse afectadas por la subjetividad de las ponderaciones asignadas a los criterios. En este sentido, la teoría neutrosófica ofrece una alternativa más flexible, ya que permite modelar la indeterminación y manejar la ambigüedad presente en la información médica [13]. Al incorporar valores de verdad, falsedad e indeterminación, este enfoque facilita la integración de datos incompletos o contradictorios, proporcionando resultados más adaptables a diversos contextos clínicos.[14], [15]

En este estudio, se emplea un análisis basado en DEMATEL combinado con neutrosofía [16] para evaluar la influencia causal de los distintos factores asociados al síndrome de Hamman post parto vaginal. Con la utilización de este método se busca modelar la estructura de las relaciones entre las variables y determinar cuáles tienen mayor impacto en la aparición del síndrome [17,28]. Al realizar el análisis integrando la neutrosofía, se busca poder manejar la incertidumbre inherente a los datos clínicos, y mejorar la precisión de los análisis. Esta combinación metodológica busca no solo identificar los factores más relevantes, sino también comprender sus interacciones, lo que puede ser clave para desarrollar estrategias de prevención más eficaces y mejorar el manejo clínico de las pacientes afectadas.

En este contexto, el objetivo de este estudio es determinar la influencia causal y las interdependencias entre factores biomédicos y clínicos asociados al desarrollo del síndrome de Hamman post parto vaginal. A través del análisis de datos médicos y la aplicación de herramientas avanzadas de modelado, se espera contribuir al conocimiento de esta afección y proporcionar información útil para su diagnóstico temprano y tratamiento adecuado.

2. Métodos

2.1 Preliminares en neutrosofía

Definición 1 [18] Sea X un espacio de puntos con elementos genéricos en X denotados por x. Un conjunto neutrosófico de un solo valor (SVNS) A en X se caracteriza por la función de pertenencia de verdad $T_A(x)$, la función de pertenencia de indeterminación $I_A(x)$ y la función de pertenencia de falsedad $F_A(x)$. Entonces, un SVNS A puede ser denotado por $A = \{x, T_{A(x)}, I_{A(x)}, F_{A(x)x} \in X\}$, donde $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \in [0, 1]$ para cada punto x en X. Por tanto, la suma de $T_A(x), I_A(x) y\, F_A(x)$ satisface la condición $0 \leq T_A(x) + I_{A(x)} + F_{A(x)} \leq 3$.[19]

Definición 2 ([20]) Sea $E_k = (T_k, I_k, F_k)$ un número neutrosófico definido para la calificación del k-ésimo tomador de decisiones. Entonces, el peso del k-ésimo tomador de decisiones se puede escribir como:

$$\psi_k = \frac{1-\sqrt{[(1-T_k(x))^2+(I_k(x))^2+(\mathrm{F}(x))^2]/3}}{\sum_{k=1}^{p}\sqrt{[(1-T_k(x))^2+(I_k(x))^2+(\mathrm{F}(x))^2]/3}} \quad (1)$$

Para lograr una solución favorable, la toma de decisiones en grupo es importante en cualquier proceso de toma de decisiones. En el proceso de toma de decisiones del grupo, todas las evaluaciones de los tomadores de decisiones individuales deben agregarse a una matriz de decisión neutrosófica agregada. Esto se puede hacer empleando el operador de agregación de promedio ponderado neutrosófico de valor único (SVNWA) propuesto por [21].

Definición 3 ([21]) Sea $D^k = \left(d_{ij}^k\right)_{mxn}$ la matriz de decisión neutrosófica de valor único del k-ésimo tomador de decisiones y $\psi = (\psi_1\psi_2, \ldots, \psi_p)^T$ el vector de peso del tomador de decisiones tal que cada $\psi_k \in [0,1], D = (d_{ij})_{mxn}$ donde:

$$d_{ij} = \langle 1 - \prod_{k=1}^{p}\left(1 - T_{ij}^{(p)}\right)^{\psi_k}, \prod_{k=1}^{p}\left(I_{ij}^{(p)}\right)^{\psi_k}, \prod_{k=1}^{p}\left(F_{ij}^{(p)}\right)^{\psi_k}\rangle \quad (2)$$

Definición 4 ([20], [22]) La desneutrosofización de SVNS Ñ se puede definir como un proceso de mapeo de Ñ en una sola salida nítida $f: \tilde{N} \to \psi^*$ para $x \in X$. Si Ñ es un conjunto discreto entonces el vector de tétradas $\tilde{N} = \{(x\,|T_{\tilde{N}(x)}, I_{\tilde{N}(x)}, F_{\tilde{N}(x)})|\ x \in X\}$ se reduce a una sola cantidad escalar $\psi^* \in X$ por desneutrosoficación. La cantidad escalar obtenida $\psi^* \in X$ representa mejor la distribución agregada de tres grados de pertenencia del elemento neutrosófico $T_{\tilde{N}}(x), I_{\tilde{N}}(x), F_{\tilde{N}}(x)$. Por lo tanto, la desneutrosofización se puede obtener de la siguiente manera:

$$\psi^* = 1 - \sqrt{[(1-T_k(x))^2 + (I_k(x))^2 + (\mathrm{F}(x))^2]/3} \quad (3)$$

El proceso de toma de decisiones suele basarse en el uso del lenguaje natural, específicamente mediante lo que se denominan *variables lingüísticas*. Estas variables representan palabras o expresiones comunes dentro de la comunicación humana, actuando como una herramienta accesible para que los responsables de decisiones plasmen sus valoraciones. Por ejemplo, la evaluación de criterios puede manifestarse a través de términos como *muy influyente (VI)*, *influyente (I)*, *poco influyente (LI)* o *sin influencia (NI)*, entre otros. Estas escalas lingüísticas pueden convertirse numéricamente en Conjuntos Neutrosóficos de Valor Single (SVNS, por sus siglas en inglés), tal como se ilustra en la Tabla 1. Este enfoque facilita la traducción de juicios cualitativos en modelos cuantitativos, optimizando el análisis en contextos complejos.

Tabla 1: Variable lingüística y números neutrosóficos de valor único (SVNNs).

Valor	Variable Lingüística	SVNNs
0	Sin influencia/ No importante	(0.1, 0.8, 0.9)
1	Baja influencia/importante	(0.35, 0.6, 0.7)
2	Influencia media/importante	(0.5, 0.4, 0.45)
3	Alta influencia/importante	(0.8, 0.2, 0.15)
4	Muy alta influencia/importante	(0.9, 0.1, 0.1)

Fuente:[20]

2.2 Metodo Dematel - SVNS

El método DEMATEL fue creado en 1972 por Fontela y Gabus en el *Battelle Memorial Institute* (Centro de Investigación de Ginebra). Esta técnica permite examinar las interacciones y dependencias entre los elementos de un sistema complejo —como componentes, variables o atributos— con el fin de determinar cuáles son clave y analizar sus relaciones causa-efecto mediante un diagrama de influencias. Su principal aplicación se da en la toma de decisiones multicriterio, donde ayuda a desentrañar las conexiones entre distintos factores de decisión en escenarios complejos. [17,29]

En su versión neutrosófica, DEMATEL sigue una serie de pasos estructurados, los cuales se describen brevemente a continuación y se detallan ampliamente en [17].

Paso 1: Selección de factores críticos: Los elementos a evaluar se identifican mediante técnicas de recolección de información definiendo así el alcance del análisis.

Paso 2: Asignación de pesos a expertos: Dado que los especialistas consultados pueden tener distintos niveles de experiencia o conocimiento, su influencia en la decisión se pondera mediante variables lingüísticas. Estas se transforman en *(SVNN)* usando la ecuación (1) para cuantificar su juicio.

Paso 3: Evaluación de influencias entre factores: Los expertos realizan comparaciones pareadas entre los factores, asignando puntuaciones basadas en una escala lingüística (Tabla 1). Estas valoraciones se convierten en matrices individuales neutrosóficas (*SVNN*), reflejando su percepción de las relaciones causa-efecto.

Paso 4: Construcción de la matriz de relación directa: Las matrices neutrosóficas individuales se agregan y se transforman en valores numéricos exactos (*desneutrofication*) aplicando las ecuaciones (2) y (3). El resultado es una matriz de relación directa inicial en términos nítidos.

Paso 5: Análisis de relaciones causa-efecto: A partir de la matriz agregada (*A*), se calcula la matriz de relación total *(T)* mediante las ecuaciones (4)-(6). Esto permite visualizar las interdependencias entre factores y clasificarlos como causantes o receptores de influencia dentro del sistema.

$$D=A*S \tag{4}$$

Donde

$$S = \frac{1}{\max\limits_{1\le i\le n} \sum_{j=1}^{n} a_{ij}} \tag{5}$$

y

$$T=D*(I-D)^{-1} \tag{6}$$

I es la matriz identidad.

Los valores t_{ij} dentro de la matriz T representan tanto la influencia directa como indirecta que el elemento correspondiente a la fila i ejerce sobre el elemento de la columna j. La interdependencia indirecta surge cuando un elemento i afecta a otro elemento j mediante su interacción con otros componentes del sistema, es decir, a través de relaciones intermedias. Estas influencias indirectas se hacen evidentes al calcular potencias sucesivas de la matriz X, lo que permite capturar las interacciones complejas y acumulativas dentro del sistema.

Paso 6: Obtención del Diagrama Causal Prominencia-Relación:

1. Se parte del cálculo de los vectores R y C. El vector R se obtiene sumando los valores de cada fila de la matriz T, lo que representa la influencia total emitida por el elemento ii sobre los demás. El vector C resulta de sumar los valores de cada columna de T, reflejando la influencia total recibida por el elemento j desde los otros componentes del sistema.

2. Definición de los ejes del diagrama causal:

- Eje horizontal (Prominencia, R+C): Este vector determina la importancia relativa de cada elemento en el sistema. Un valor alto de R+C indica que el elemento es altamente prominente, lo que puede deberse a tres posibles situaciones:
  i. El elemento ejerce una gran influencia sobre otros.
  ii. El elemento recibe una gran influencia de otros.
  iii. El elemento tanto influye como es influido de manera equilibrada, resultando en una suma elevada.

  Por el contrario, un valor bajo de R+C sugiere que el elemento tiene poca relevancia en el sistema, ya que su influencia emitida y recibida son ambas reducidas.
- Eje vertical (Relación, R−C: Este vector cuantifica el balance neto de influencia de cada elemento:
  i. Si R−C>0, el elemento actúa principalmente como causa (o factor impulsor), ya que su influencia emitida supera a la recibida.
  ii. Si R−C<0, el elemento funciona como efecto (o receptor), pues es más influenciado que influyente.

3. Construcción del mapa de relaciones:

Graficando los pares (R+C, R−C) para cada elemento, se genera un diagrama causal que permite visualizar la prominencia (importancia global) en el eje horizontal y la naturaleza causal (influenciador o influenciado) en el eje vertical. Este mapa facilita la identificación de elementos clave y su rol dentro de la estructura del sistema. [23]

3. Resultados

La investigación se orientó hacia el análisis de las relaciones causales entre los factores asociados al síndrome de Hamman posparto. La selección de factores de riesgo se fundamentó en una revisión sistemática de 43 estudios publicados entre 2000-2025 en bases indexadas (PubMed, SciELO, LILACS), utilizando criterios PRISMA adaptados. En tal caso, se reportan 10 factores con frecuencias reportadas significativas en la literatura. Estos factores son:

1. Primigestación
2. Duración del segundo período expulsivo >60 minutos
3. Aplicación de maniobra de Valsalva intensa
4. Macrosomía fetal ≥4,000g
5. Índice de masa materna >25 kg/m²
6. Presencia de enfisema subcutáneo cervical
7. Edad materna avanzada (≥35 años)

8. Parto instrumentado (fórceps o ventosa)
9. Antecedentes de asma o enfermedad pulmonar obstructiva crónica
10. Analgesia epidural durante el trabajo de parto

Para la recolección de datos cualitativos, se conformó un panel de 8 expertos en obstetricia y neumología con experiencia promedio de 14.3 años en atención posparto. Cada participante evaluó las relaciones causales entre los factores mediante la escala neutrosótica triangular llevada a términos lingüísticos que se presentó en la Tabla 1.

Las evaluaciones realizadas por los expertos se recogen en tablas de doble entrada como las que se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**2. Las evaluaciones lingüísticas corresponden a SVNN que son trasformados, posteriormente mediante las ecuaciones 2 y 3 para obtener la matriz de interdependencia directa inicial.

Tabla 2: Evaluación de los factores analizados realizada por el experto 1.

	F1	**F2**	**F3**	**F4**	**F5**	**F6**	**F7**	**F8**	**F9**	**F10**
F1	BI	NI	NI	MAI	NI	I	NI	BI	BI	I
F2	NI	NI	BI	NI	I	NI	BI	AI	NI	MAI
F3	NI	NI	NI	BI	I	NI	NI	NI	NI	MAI
F4	I	I	BI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	BI
F5	NI	NI	MAI	BI	NI	NI	NI	NI	NI	BI
F6	BI	I	MAI	NI	NI	I	NI	BI	NI	NI
F7	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	MAI
F8	NI	NI	NI	NI	NI	NI	BI	NI	NI	AI
F9	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
F10	NI	BI	NI	NI	NI	NI	NI	BI	I	MAI

La Tabla 3 presenta la matriz de interdependencia directa inicial (A), donde las relaciones entre factores se cuantifican mediante valores numéricos derivados de las evaluaciones realizadas. En este análisis, se considera que todos los decisores poseen igual peso relativo, lo que implica que sus juicios contribuyen de manera equitativa a la construcción de la matriz.

Tabla 3: Matriz de directa inicial.

$$A = \begin{vmatrix} 0.0000 & 0.2428 & 0.4584 & 0.2428 & 0.5691 & 0.7183 & 0.5278 & 0.3782 & 0.6403 & 0.2933 \\ 0.2933 & 0.0000 & 0.3326 & 0.4584 & 0.2428 & 0.2428 & 0.6403 & 0.2428 & 0.8485 & 0.5055 \\ 0.2428 & 0.2428 & 0.0000 & 0.7770 & 0.2428 & 0.3782 & 0.2428 & 0.2428 & 0.8485 & 0.2428 \\ 0.3782 & 0.5482 & 0.5318 & 0.0000 & 0.2428 & 0.2428 & 0.2428 & 0.2428 & 0.3782 & 0.2428 \\ 0.8485 & 0.2428 & 0.2428 & 0.2428 & 0.0000 & 0.7162 & 0.2428 & 0.3621 & 0.2933 & 0.2428 \\ 0.8485 & 0.5482 & 0.4857 & 0.2428 & 0.4033 & 0.0000 & 0.4857 & 0.2428 & 0.3621 & 0.2428 \\ 0.2428 & 0.2428 & 0.2428 & 0.2428 & 0.2428 & 0.2428 & 0.0000 & 0.2428 & 0.8220 & 0.2428 \\ 0.2428 & 0.2428 & 0.2428 & 0.2428 & 0.3326 & 0.2428 & 0.2428 & 0.0000 & 0.8220 & 0.5055 \\ 0.2428 & 0.2428 & 0.2428 & 0.2428 & 0.2428 & 0.2428 & 0.2428 & 0.2428 & 0.0000 & 0.2428 \\ 0.2428 & 0.4347 & 0.2428 & 0.2428 & 0.2428 & 0.2428 & 0.5988 & 0.7128 & 0.8220 & 0.0000 \end{vmatrix}$$

La matriz normalizada (D) se deriva de la matriz de interdependencia directa aplicando las ecuaciones (4) y (5), obteniéndose la matriz que se presenta en la Tabla 4. Esta transformación garantiza que los valores de la matriz se encuentren en un rango estandarizado, lo que permite comparaciones y operaciones matriciales consistentes en análisis posteriores.

Tabla 4: Matriz de valores normalizados.

$$D = \begin{vmatrix} 0 & 0.0596 & 0.1126 & 0.0596 & 0.1398 & 0.1764 & 0.1296 & 0.0929 & 0.1573 & 0.0721 \\ 0.0721 & 0 & 0.0817 & 0.1126 & 0.0596 & 0.0596 & 0.1573 & 0.0596 & 0.2084 & 0.1242 \\ 0.0596 & 0.0596 & 0 & 0.1909 & 0.0596 & 0.0929 & 0.0596 & 0.0596 & 0.2084 & 0.0596 \\ 0.0929 & 0.1346 & 0.1306 & 0 & 0.0596 & 0.0596 & 0.0596 & 0.0596 & 0.0929 & 0.0596 \\ 0.2084 & 0.0596 & 0.0596 & 0.0596 & 0 & 0.1759 & 0.0596 & 0.0889 & 0.0721 & 0.0596 \\ 0.2084 & 0.1346 & 0.1193 & 0.0596 & 0.0991 & 0 & 0.1193 & 0.0596 & 0.0889 & 0.0596 \\ 0.0596 & 0.0596 & 0.0596 & 0.0596 & 0.0596 & 0.0596 & 0 & 0.0596 & 0.2019 & 0.0596 \\ 0.0596 & 0.0596 & 0.0596 & 0.0596 & 0.0817 & 0.0596 & 0.0596 & 0 & 0.2019 & 0.1242 \\ 0.0596 & 0.0596 & 0.0596 & 0.0596 & 0.0596 & 0.0596 & 0.0596 & 0.0596 & 0 & 0.0596 \\ 0.0596 & 0.1068 & 0.0596 & 0.0596 & 0.0596 & 0.0596 & 0.1471 & 0.1751 & 0.2019 & 0 \end{vmatrix}$$

Mediante la aplicación de la Ecuación 6, se calculó la matriz total de relaciones (T), la cual integra tanto las influencias directas como indirectas entre los factores analizados (Tabla 5).

Tabla 5: Matriz total de relaciones directas e indirectas.

$$T = \begin{vmatrix} 0.38 & 0.42 & 0.45 & 0.31 & 0.32 & 0.2 & 0.28 & 0.35 & 0.29 & 0.27 \\ 0.43 & 0.47 & 0.5 & 0.34 & 0.35 & 0.22 & 0.3 & 0.37 & 0.31 & 0.29 \\ 0.46 & 0.51 & 0.54 & 0.37 & 0.38 & 0.24 & 0.32 & 0.4 & 0.33 & 0.31 \\ 0.31 & 0.35 & 0.37 & 0.25 & 0.26 & 0.16 & 0.22 & 0.27 & 0.23 & 0.21 \\ 0.32 & 0.36 & 0.38 & 0.26 & 0.27 & 0.17 & 0.23 & 0.28 & 0.24 & 0.22 \\ 0.2 & 0.22 & 0.23 & 0.16 & 0.17 & 0.11 & 0.14 & 0.17 & 0.15 & 0.14 \\ 0.28 & 0.31 & 0.33 & 0.22 & 0.23 & 0.15 & 0.2 & 0.25 & 0.21 & 0.19 \\ 0.35 & 0.38 & 0.41 & 0.28 & 0.29 & 0.18 & 0.25 & 0.31 & 0.26 & 0.24 \\ 0.29 & 0.32 & 0.34 & 0.23 & 0.24 & 0.15 & 0.21 & 0.26 & 0.22 & 0.2 \\ 0.27 & 0.3 & 0.32 & 0.22 & 0.22 & 0.14 & 0.19 & 0.24 & 0.2 & 0.19 \end{vmatrix}$$

A partir de la matriz total de relaciones *T*, se calcularon los vectores *R* y *C*, así como los indicadores de prominencia y de relación neta, cuyos valores se presentan en la Tabla 6. Estos resultados permitieron construir el diagrama causal (Figura 1), donde:

Tabla 6: Indicadores de prominencia y relación.

Factores evaluados	Ri	Ci	Ri+Ci (Prominencia)	Ri-Ci (Influencia)
1. Primigestación	3.82	2.15	5.97	1.67
2. Duración del segundo período expulsivo >60 minutos	4.21	3.76	7.97	0.45
3. Aplicación de maniobra de Valsalva intensa	4.56	3.98	8.54	0.58
4. Macrosomía fetal ≥4,000g	3.12	3.45	6.57	-0.33
5. Índice de masa materna >25 kg/m²	3.24	2.87	6.11	0.37
6. Presencia de enfisema subcutáneo cervical	1.98	4.67	6.65	-2.69
7. Edad materna avanzada (≥35 años)	2.76	2.34	5.1	0.42
8. Parto instrumentado (fórceps o ventosa)	3.45	3.21	6.66	0.24

Factores evaluados	Ri	Ci	Ri+Ci (Prominencia)	Ri-Ci (Influencia)
9. Antecedentes de asma o EPOC	2.89	2.56	5.45	0.33
10. Analgesia epidural durante el trabajo de parto	2.67	3.71	6.38	-1.04

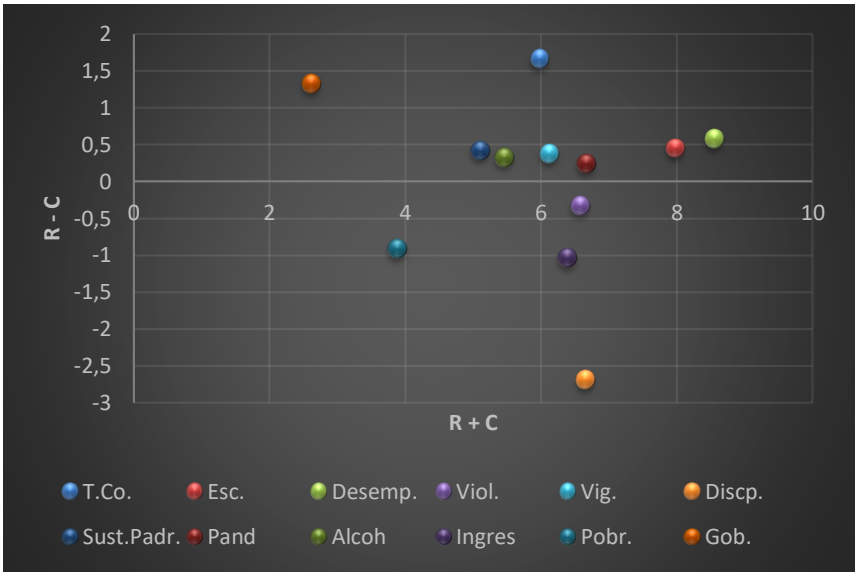


Figura 1. Diagrama causal resultado del método aplicado

El análisis realizado reveló patrones interesantes en cuanto a las relaciones causales entre los factores de riesgo del síndrome de Hamman posparto. La aplicación de la maniobra de Valsalva intensa y la duración prolongada del segundo período expulsivo emergieron como los factores más prominentes, sugiriendo que tienen un impacto significativo en el sistema general. Estos factores no solo influyen fuertemente en otros, sino que también reciben influencia considerable, lo que indica su papel central en la red de interacciones.

La primigestación destacó como el factor con mayor influencia neta, actuando principalmente como una causa o impulsor en el desarrollo del síndrome. Esto sugiere que las mujeres en su primer embarazo podrían ser más susceptibles a desarrollar esta complicación, posiblemente debido a factores fisiológicos o de manejo del parto específicos de este grupo.

En contraste, la presencia de enfisema subcutáneo cervical mostró la relación más negativa, indicando que es principalmente un efecto o resultado de otros factores. Esto refuerza su papel como un signo clínico importante más que como un factor causal directo. Factores como la macrosomía fetal y la analgesia epidural también aparecieron como efectos netos, sugiriendo que, aunque contribuyen al riesgo, podrían ser más bien consecuencias de otros factores o decisiones de manejo obstétrico.

Es interesante notar que factores como la edad materna avanzada y los antecedentes de asma o EPOC, aunque relevantes, muestran una prominencia menor en comparación con factores más directamente relacionados con el proceso de parto. Esto podría indicar que, si bien son importantes para la evaluación del riesgo individual, su influencia en el desarrollo inmediato del síndrome podría ser menos directa.

Estos resultados subrayan la complejidad de las interacciones entre los factores de riesgo y sugieren áreas clave para la prevención y el manejo clínico del síndrome de Hamman posparto, enfatizando la importancia de un enfoque integral en la atención obstétrica.

4. Discusión

El estudio realizado demostró la utilidad del enfoque neutrosófico para manejar la incertidumbre inherente a las valoraciones de especialistas en problemas médicos complejos. Al modelar las evaluaciones lingüísticas como conjuntos neutrosóficos y transformarlas en relaciones cuantificables, se pudo capturar no solo la intensidad de las interacciones entre factores, sino también la ambigüedad en cuanto a su percepción. Esto resultó clave para identificar relaciones no lineales que métodos otros tradicionales podrían haber pasado por alto.

Los resultados obtenidos revelaron que los factores con mayor prominencia (maniobra de Valsalva intensa y duración prolongada del segundo período expulsivo) actuaban como nodos centrales en la red causal. Su doble rol –como influenciadores y receptores– solo fue evidente al considerar las interdependencias indirectas que la lógica

neutrosófica ayuda a desentrañar. La primigestación emergió como un factor netamente causal, un elemento que coincide con la literatura sobre fisiopatología del parto en primíparas, pero que aquí se cuantificó mediante su posición en el diagrama R-C. [24,30]

El comportamiento de variables como el enfisema subcutáneo cervical resultó particularmente ilustrativo. Su clasificación como efecto neto validó lo reportado en estudios clínicos, donde se le considera un marcador más que un desencadenante [25]. Sin embargo, el análisis neutrosófico añadió valor al precisar cómo otros factores convergen hacia este desenlace, algo menos evidente en aproximaciones cualitativas.

La menor prominencia de otros factores como la edad materna avanzada o los antecedentes respiratorios no implicó irrelevancia, sino que reflejó su papel como variables contextuales. Aquí, la integración con métodos multicriterio permitió distinguir entre factores de riesgo primarios y condicionantes, algo crítico para priorizar intervenciones. [31,32]

Esta aproximación metodológica mostró ventajas claras: evitó reducir las valoraciones de los expertos a escalas numéricas rígidas, incorporó la ambigüedad como parte estructural del modelo, y generó resultados interpretables clínicamente. Quedó evidenciado que, en problemas médicos multifactoriales, la combinación de lógica neutrosófica y análisis mediante métodos de decisiones multicriterios ofrece una vía robusta para transformar juicios subjetivos hacia mapas de acción concretos.

5. Conclusión

A partir de la realización de este estudio se pudo determinar las relaciones causales entre los factores asociados al síndrome de Hamman posparto. Mediante la integración del método DEMATEL con lógica neutrosófica fue posible manejar la incertidumbre en las valoraciones clínicas y la identificación de interacciones entre las variables. Los resultados obtenidos mostraron que la maniobra de Valsalva intensa y la duración prolongada del segundo período expulsivo actuaron como nodos centrales, con influencia bidireccional en el sistema, mientras que la primigestación se confirmó como un factor causal predominante. Esto proporcionó una comprensión más detallada de los mecanismos subyacentes al síndrome.

La aplicación de herramientas multicriterio junto con la neutrosofía permitió diferenciar entre factores causales y efectos secundarios, algo difícil de lograr con análisis convencionales. Se evidenció, además, que el enfisema subcutáneo cervical, la macrosomía fetal y la analgesia epidural funcionaron principalmente como consecuencias de otros factores, no como causas directas. Por otro lado, variables como la edad materna avanzada o los antecedentes respiratorios tuvieron un papel menos determinante en la aparición inmediata del síndrome. Estos resultados respaldan la necesidad de priorizar intervenciones durante el trabajo de parto, especialmente en primíparas.

La investigación demostró la utilidad de los métodos de decisión multicriterio para traducir juicios clínicos en modelos accionables. Se sugiere validar estos resultados en cohortes prospectivas y explorar la aplicación de este marco analítico en otras complicaciones obstétricas.

Referencias

[1] M. Lazo, R. Clavijo, and C. Zunino, "Síndrome de Hamman. A propósito de un caso," *Arch. Pediatr. Urug.*, vol. 93, no. 1, 2022, [Online]. Available: https://doi.org/10.31134/ap.93.1.6.

[2] J. Baez-Herrera, "Síndrome de Hamman," *Rev. la Soc. Peru. Med. Interna*, vol. 37, no. 1, pp. 35–37, 2024, [Online]. Available: https://core.ac.uk/download/pdf/620603316.pdf.

[3] C. J. Peña-Vega, R. Buitrón-García, B. Zavala-Barrios, and R. Aguirre-García, "Síndrome de Hamman (neumomediastino) posparto. Síntesis de la bibliografía y reporte de caso," *Ginecol. Obstet. Mex.*, vol. 91, no. 3, pp. 197–209, 2023, [Online]. Available: https://doi.org/10.24245/gom.v91i3.3711.

[4] M. F. Ochoa-Ariza, J. L. Trejos-Caballero, C. M. Parra-Gelves, M. E. Camargo-Lozada, and M. A. Laguado-Nieto, "Síndrome de Hamman en una adolescente con crisis asmática," *Med. Interna México*, vol. 37, no. 3, pp. 438–442, 2021, [Online]. Available: https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=100180.

[5] C. A. A. Mallen, L. H. Calvo, P. T. Español, and F. L. López, "Síndrome de hamman: Causa atípica de un dolor torácico," *Atalaya Médica Turol.*, no. 21, pp. 53–57, 2021, [Online]. Available: https://atalayamedica.es/ojs/index.php/atalaya/article/view/327.

[6] M. A. Bolívar-Rodríguez, J. C. Martínez-Nava, A. Pamanes-Lozano, M. A. Cázarez-Aguilar, V. E. Quiroga-Arias, and A. Bolívar-Corona, "Barotrauma y ventilación mecánica en pacientes críticos COVID-19," *Neumol. Cir. Torax*, vol. 80, no. 1, pp. 62–67, 2021, [Online]. Available: https://doi.org/10.35366/99457.

[7] N. Jimidar, P. Lauwers, E. Govaerts, and M. Claeys, "The clicking chest: what exactly did Hamman hear? A case report of a left-sided pneumothorax," *Eur. Hear. Journal-Case Reports*, vol. 4, no. 6, pp. 1–5, 2020, [Online]. Available: https://repository.uantwerpen.be/desktop/irua.

[8] M. C. Lazo González, R. Clavijo Rodríguez, and C. E. Zunino Pérez, "Síndrome de Hamman: a propósito de un caso,"

Arch. pediatr. Urug, vol. 93, no. 1, pp. e304–e304, 2022, [Online]. Available: https://pesquisa.bvsalud.org/gim/resource/ru/biblio-1383645.

[9] O. A. Guerrero, J. E. J. Carrera, and C. O. B. Villa, "Tratamiento del insulinoma. Nuevo modelo de decisión," *Neutrosophic Comput. Mach. Learn. ISSN 2574-1101*, vol. 22, pp. 293–300, 2022, [Online]. Available: http://fs.unm.edu/NCML2/index.php/112/article/view/235.

[10] F. del R. L. López, V. A. S. Ortiz, and R. G. L. Torres, "Método multicriterio para la evaluación del grado de ansiedad durante la atención odontológica," *Rev. Asoc. Latinoam. Ciencias Neutrosóficas. ISSN 2574-1101*, vol. 25, pp. 67–76, 2023, [Online]. Available: http://fs.unm.edu/NCML2/index.php/112/article/view/290.

[11] M. U. Farooq and M. Saqlain, "The selection of LASER as surgical instrument in medical using neutrosophic soft set with generalized fuzzy TOPSIS, WSM and WPM along with MATLAB coding," *Neutrosophic Sets Syst.*, vol. 40, no. 1, p. 3, 2021, [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1756&context=nss_journal.

[12] M. F. S. Salgado, J. P. C. Pardo, and T. H. C. Palacios, "Application of the Neutrosophic AHP Method for the Development of a Training Project on the Adoption Process in Ecuador," *Neutrosophic Sets Syst.*, vol. 37, no. 1, p. 48, 2020, [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1696&context=nss_journal.

[13] D. V. B. Ledesma, J. D. O. Miranda, and M. E. D. C. Zapata, "Análisis estadístico neutrosófico sobre la psicoprofilaxis obstétrica en la efectividad del parto de la gestante," *Neutrosophic Comput. Mach. Learn. ISSN 2574-1101*, vol. 26, pp. 31–39, 2023, [Online]. Available: http://fs.unm.edu/NCML2/index.php/112/article/view/301.

[14] A. M. G. Novillo, D. C. F. Villena, J. A.-R. S. Arro, and K. M. L. Veintimilla, "Optimization of dental restorations through immediate dentin sealing based on multi-criteria decision methods," *Salud, Cienc. y Tecnol. Conf.*, vol. 3, p. 1111, 2024, [Online]. Available: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9872618.

[15] R. E. A. Chacón, E. L. Revelo, and A. R. Plascencia, "Comparación de estrés laboral entre enfermeros y médicos," *Rev. Cuba. Investig. Biomédicas*, vol. 43, 2024, [Online]. Available: https://revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/3468.

[16] R. Tan and W. Zhang, "Multiple attribute decision making method based on DEMATEL and fuzzy distance of trapezoidal fuzzy neutrosophic numbers and its application in typhoon disaster evaluation," *J. Intell. Fuzzy Syst.*, vol. 39, no. 3, pp. 3413–3439, 2020. [Online]. Available: https://content.iospress.com/articles/journal-of-intelligent-and-fuzzy-systems/ifs191758

[17] L. M. Chávez, O. F. S. Montoya, and D. V. G. Mayorga, "DEMATEL NEUTROSÓFICO APLICADO AL ESTUDIO DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COMPROMISO EXTRACONTRACTUAL DEL ESTADO ECUATORIANO. Infinite Study.," *Investig. OPERACIONAL*, vol. 41, no. 5, pp. 622–628, 2020.

[18] J. L. Salmeron and F. Smarandache, "Redesigning Decision Matrix Method with an indeterminacy-based inference process. Multispace and Multistructure," *Neutrosophic Transdiscipl. (100 Collect. Pap. Sci.*, vol. 4, p. 151, 2010, [Online]. Available: https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=nK3dBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA151&dq=Redesigning+Decision+Matrix+Method+with+an+indeterminacy-based+inference+process.+Multispace+and+Multistructure&ots=CN7AEMuj16&sig=YaKfucgGz4_VmICnR8W_dqbG9oE.

[19] D. Xu, X. Wei, H. Ding, and H. Bin, "A new method based on PROMETHEE and TODIM for multi-attribute decision-making with single-valued neutrosophic sets.," *Mathematics*, vol. 8, no. 10, p. 1816, 2020, [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2227-7390/8/10/1816.

[20] P. Biswas, S. Pramanik, and B. C. Giri, "TOPSIS method for multi-attribute group decision-making under single-valued neutrosophic environment.," *Neural Comput. Appl.*, vol. 27, no. 3, pp. 727–737, 2016, [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s00521-015-1891-2.

[21] J. Zou, Y. Deng, Y. Hu, and G. Lin, *Measure distance between neutrosophic sets: An evidential approach.* Infinite Study, 2018.

[22] S. Pramanik, R. Mallick, and A. Dasgupta, "Contributions of selected indian researchers to multi attribute decision making in neutrosophic environment: an overview.," *Neutrosophic Sets Syst.*, vol. 20, pp. 109–130, 2018, [Online]. Available: https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=w-aaDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA109&dq=Contributions+of+selected+indian+researchers+to+multi+attribute+decision+making+in+neutrosophic+environment:+an+overview&ots=E_InNNCZMi&sig=vlTxMgnfpvVjwKv-ZepoTd-LjBg.

[23] D. Vujanović, V. Momčilović, N. Bojović, and V. Papić, "Evaluation of vehicle fleet maintenance management indicators by application of DEMATEL and ANP," *Expert Syst. Appl.*, vol. 39, no. 12, pp. 10552–10563, 2012, [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417412004228.

[24] E. G. S. Namicela, W. B. C. Bereche, and P. A. V. Rentería, "Complicaciones obstétricas en adolescentes primigestas

con infección de vías urinarias," *Rev. Conecta Lib. ISSN 2661-6904*, vol. 5, no. 2, pp. 62–71, 2021, [Online]. Available: https://revistaitsl.itslibertad.edu.ec/index.php/ITSL/article/view/241.

[25] C. de los Ángeles Pérez Marrero and L. A. Vázquez Pérez, "Neumomediastino espontáneo, presentación de tres casos clínicos," *Actual. Medica*, vol. 109, no. 818, pp. 39–44, 2024, [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.15568/am.2024.818.cc01.

[26] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. "El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura". In Anales de la Real Academia de Doctores. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

[27] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. "Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.

[28] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". El patrimonio y su perspectiva turística, pp. 409-423, 2024.

[29] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

[30] von Feigenblatt, O. F. "Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth". Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, vol. 19, num 2, 2024

[31] Vásquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2024.

[32] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. "Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador". Neutrosophic Sets and Systems, vol 66, pp 136-145, 2024

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 22, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Optimización del tratamiento del Alzheimer mediante un análisis neutrosófico refinado

Optimization of Alzheimer's management through refined neutrosophic analysis

María Belén Alvarado Villavicencio[1], Jennifer Jajaira Iza Jami[2], and Diego Mateo Moreta Topon[3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.mariaav34@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. jenniferij07@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. diegomt82@uniandes.edu.ec

Resumen. La enfermedad de Alzheimer (EA) es una condición neurodegenerativa que ha afectado a un número creciente de personas debido al envejecimiento poblacional. Por ello, el presente estudio analizó, a partir de la evidencia científica, la viabilidad de la prevención de la EA mediante la modificación de factores modificables. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica complementada con un análisis neutrosófico de la información aportada. Entre los resultados, se ha encontrado que los factores modificables, como el estilo de vida y las comorbilidades, tienen una influencia significativa en la progresión de la EA. Además, se ha observado que las estrategias preventivas son efectivas en las etapas más tempranas de la enfermedad. En conclusión, la adopción de hábitos saludables y la capacitación de los cuidadores han demostrado ser fundamentales en la prevención y manejo de la EA, aunque se requiere fomentar la investigación en entornos locales.

Palabras Claves: factores genéticos, factores modificables, demencia, salud cerebral, neutrosofía.

Abstract. Alzheimer's disease (AD) is a neurodegenerative condition that has affected an increasing number of people due to population aging. Therefore, this study analyzed, based on scientific evidence, the feasibility of AD prevention through the modification of modifiable factors. A literature review was conducted, complemented by a neutrosophic analysis of the information provided. Among the results, it was found that modifiable factors, such as lifestyle and comorbidities, have a significant influence on the progression of AD. Additionally, preventive strategies were observed to be effective in the earlier stages of the disease. In conclusion, adopting healthy habits and training caregivers has proven to be essential in the prevention and management of AD, although further research in local settings is needed.

Keywords: genetic factors, modifiable factors, dementia, brain health, neutrosophy.

1 Introducción

La enfermedad de Alzheimer (EA) es una patología neurodegenerativa que afecta principalmente a los adultos mayores; sin embargo, no forma parte del proceso normal de envejecimiento [1]. Aunque su prevalencia es mayor en este grupo etario, aproximadamente el 9% de los casos corresponden a demencia de inicio precoz, diagnosticada antes de los 65 años. En estos casos, existe una mayor incidencia de factores genéticos, como la herencia autosómica dominante y la presencia del alelo ApoE4, que incrementan el riesgo de desarrollar la enfermedad [2]. La EA se caracteriza por un deterioro progresivo de las funciones cognitivas, al incluir la memoria, el pensamiento y la comunicación, además de provocar alteraciones en la personalidad y daños estructurales en el cerebro.

A nivel mundial, la demencia representa un desafío creciente para la salud pública, en 2019, aproximadamente 47 millones de personas padecían esta condición, lo que equivalía al 5% de la población mayor [3]. Se estima que para 2030 esta cifra aumentaría a 75 millones y alcanzará los 132 millones en 2050, al evidenciar la urgencia de abordar esta problemática. En América Latina, el impacto de la demencia es aún más alarmante, ya que se proyecta que el número de casos se cuadruplicaría para mediados del siglo [4,21]. En Ecuador, la EA afecta a aproximadamente 120 mil personas, pero la falta de infraestructura especializada y de estudios estadísticos dificulta la atención y prevención de la enfermedad, especialmente en ciudades como Ambato, donde no se cuenta con información sistematizada sobre su incidencia.

El impacto de la EA no solo repercute en los pacientes, sino también en sus familiares y cuidadores, quienes enfrentan una carga emocional, física y financiera considerable. La atención de los pacientes con Alzheimer implica costos elevados y un desgaste significativo en los cuidadores, quienes suelen experimentar fatiga, depresión y otros problemas de salud. Ante esta realidad, la implementación de estrategias preventivas se vuelve esencial para mitigar el avance de la enfermedad y mejorar la calidad de vida de quienes se ven afectados [5].

Si bien hasta el momento no existe una cura para la EA, diversas investigaciones sugieren que la intervención temprana y la adopción de hábitos de vida saludables pueden reducir el riesgo de su desarrollo o retrasar su progresión. En este sentido, la alimentación balanceada y el ejercicio físico regular han demostrado efectos positivos en la prevención del deterioro cognitivo [6]. Por ello, el presente estudio tiene como objetivo analizar, a partir de la evidencia científica más reciente, la viabilidad de la prevención de la EA mediante la modificación de factores modificables y la promoción de estilos de vida adecuados. Para ello, el procesamiento de los datos obtenidos se complementa con el análisis de los conjuntos neutrosóficos refinados. Además, se proponen soluciones a partir de la modificación de estos factores mediante la interrelación factor-estrategia [7].

2. Métodos

2.1. Información de las fuentes académicas.

Se ha realizado un estudio exploratorio mediante la búsqueda de artículos científicos publicados desde 2016 en bases de datos reconocidas. Se han aplicado criterios de exclusión, al descartar estudios redundantes o sin evidencia científica sólida. De los treinta artículos identificados, solo dieciséis han cumplido con los requisitos metodológicos, al abordar el diagnóstico, la demografía afectada, las estrategias de prevención y los factores de riesgo de la enfermedad de Alzheimer. Por tanto, el análisis de estos estudios ha garantizado la solidez y actualidad de la información recopilada.

2.2. Conjunto neutrosófico

Definition 1 [8]. The *Neutrosophic set* N is characterized by three membership functions, which are the truth-membership function T_A, indeterminacy-membership function I_A, and falsity-membership function F_A, where U is the Universe of Discourse and $\forall x \in U$, $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \subseteq]^{-}0, 1^{+}[$, and $^{-}0 \leq \inf T_A(x) + \inf I_A(x) + \inf F_A(x) \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \leq 3^{+}$.

See that according to the definition, $T_A(x), I_A(x)$, and $F_A(x)$ are real standard or non-standard subsets of $]^{-}0, 1^{+}[$ and hence, $T_A(x), I_A(x)$ and $F_A(x)$ can be sub-intervals of $[0, 1]$. $^{-}0$ and 1^{+} belong to the set of hyperreal numbers.

Definition 2. The *Single-Valued Neutrosophic Set* (SVNS) A over U is $A = \{< x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) > : x \in U\}$, where $T_A: U \to [0, 1]$, $I_A: U \to [0, 1]$ and $F_A: U \to [0, 1]$. $0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$.

Los CNVU surgieron con la idea de aplicar los conjuntos neutrosóficos con fines prácticos. Algunas operaciones entre NNVU se expresan a continuación:

Dados A1 = (a1, b1, c1) y A2 = (a2, b2, c2) dos NNVU se tiene que la suma entre A1 y A2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1 + a_2 - a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2) \quad (1)$$

Dados $A1 = (a1, b1, c1)$ y $A2 = (a2, b2, c2)$ dos NNVU se tiene que la multiplicación entre A1 y A2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1 a_2, b_1 + b_2 - b_1 b_2, c_1 + c_2 - c_1 c_2) \quad (2)$$

El producto por un escalar positivo con un NNVU, A = (a, b, c) se define por:

$$A = (1 - (1 - a), b, c) \quad (3)$$

The *Single-Valued Neutrosophic Number* (SVNN) is symbolized by
$N = (t, i, f)$, such that $0 \leq t, i, f \leq 1$ and $0 \leq t + i + f \leq 3$.

Definition 3. The Subset Refined Neutrosophic Set (SRNS).

Let $\mathcal{U}$ be a universe of discourse, and a set $R \subset \mathcal{U}$. Then a Subset Refined Neutrosophic R is defined as follows: $R = \{x, x(T, I, F), x \in U\}$, where T is refined/split into p sub-truths, $T = \langle T_1, T_2, \dots T_p \rangle, T_j \subseteq [0,1], 1 \leq j \leq p$; I is refined/split into r sub-indeterminacies, $I = \langle I_1, I_2, \dots I_r \rangle, I_k \subseteq [0,1], 1 \leq k \leq r$, and F is refined/split into s sub-falsehoods, $F = \langle F_1, F_2, \dots F_l \rangle, F_s \subseteq [0,1], 1 \leq l \leq s$, where $p, r, s \geq 0$ are integers, and $p + r + s = n \geq 2$, and at least one of $p, r, s \ is \ \geq 2$ in order to ensure the existence of refinement (splitting).

Definition 4 ([9])**.** The MultiNeutrosophic Set (or Subset MultiNeutrosophic Set SMNS).

Let $\mathcal{U}$ be a universe of discourse and M a subset of it. Then, a MultiNeutrosophic Set is: $M = \{x, x(T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)\}, x \in U,$

where p, r, s are integers $\geq 0, p+r+s=n\geq 2$ and at least one of $p,r,s\ is\geq 2$, in order to ensure the existence of multiplicity of at least one neutrosophic component: truth/membership, indeterminacy, or falsehood/nonmembership; all subsets $T_1,T_2,\dots,T_p; I_1,I_2,\dots,I_r; F_1,F_2,\dots,F_s \subseteq [0,1]$;

$0\leq \sum_{j=1}^{p} inf\ T_j+\sum_{k=1}^{r} inf\ I_k+\sum_{l=1}^{s} inf\ F_l\leq \sum_{j=1}^{p} sup\ T_j+\sum_{k=1}^{r} sup\ I_k+\sum_{l=1}^{s} sup\ F_l\leq n.$

No other restrictions apply on these neutrosophic multicomponents.

$T_1,T_2,\dots,T_p$ are multiplicities of the truth, each one provided by a different source of information (expert).

Similarly, $I_1,I_2,\dots,I_r$ are multiplicities of the indeterminacy, each one provided by a different source.

And $F_1,F_2,\dots,F_s$ are multiplicities of the falsehood, each one provided by a different source.

The Degree of MultiTruth (MultiMembership), also called *MultiDegree of Truth*, of the element x with respect to the set M are $T_1,T_2,\dots,T_p$.

the Degree of MultiIndeterminacy (MultiNeutrality), also called *MultiDegree of Indeterminacy*, of the element x with respect to the set M are $I_1,I_2,\dots,I_r$.

and the Degree of MultiFalsehood (MultiNonmembership), also called *MultiDegree of Falsehood*, of element x with respect to the set M are $F_1,F_2,\dots,F_s$.

All these $p+r+s=n\geq 2$ are assigned by n sources (experts) that may be:

- either totally independent;
- or partially independent and partially dependent;
- or totally dependent; according or as needed to each specific application.

A generic element x with regard to the MultiNeutrosophic Set A has the form:

$x(T_1,T_2,\dots,T_p;$	$I_1,I_2,\dots,I_r;$	$F_1,F_2,\dots,F_s)$
multi-truth	multi-indeterminacy	multi-falsehood

In many particular cases $p=r=s$, and a source (expert) assigns all three degrees of truth, indeterminacy, and falsehood T_j,I_j,F_j for the same element.

3. Enfermedad de Alzheimer: Análisis poblacional, factores, tratamientos y estrategias de prevención.

3.1 Influencia del Alzheimer en la sociedad.

La enfermedad de Alzheimer (EA) comienza a desarrollarse entre 20 y 30 años antes de la aparición de los primeros síntomas clínicos. Por esta razón, la detección temprana mediante subtests específicos resulta crucial para mejorar el pronóstico y establecer un tratamiento oportuno [10,22]. Sin embargo, en muchos casos, el diagnóstico temprano no se realiza, debido a las dos principales manifestaciones fenotípicas de la enfermedad: la variante amnésica y la no amnésica.

La variante amnésica, que representa aproximadamente el 70% de los casos, se caracteriza por la pérdida de memoria episódica reciente, manifestada en la dificultad para recordar eventos o conversaciones recientes, así como en la desorientación temporal. A medida que la enfermedad avanza, surgen síntomas adicionales, como alteraciones en la comprensión, el juicio, el pensamiento y el lenguaje. Por otro lado, la variante no amnésica se presenta inicialmente con cambios en el comportamiento, síntomas depresivos, dificultades en el habla, desorientación espacial o problemas visuales, sin que la pérdida de memoria sea el primer síntoma evidente.

En los últimos cinco años, se ha observado una reducción en la incidencia de demencia asociada a la edad, lo que ha sido vinculado a un mejor control de factores de riesgo modificables, especialmente aquellos relacionados con la salud cardiovascular y los estilos de vida [11]. Dentro de estos factores protectores, se ha identificado que la adopción de hábitos saludables, como la práctica regular de actividades recreativas, el ejercicio físico y la adherencia a una dieta mediterránea, contribuyen significativamente a la prevención de la EA. Además, múltiples investigaciones han demostrado que ciertos componentes dietéticos pueden desempeñar un papel clave en la reducción del riesgo de desarrollar la enfermedad. Entre los alimentos beneficiosos se destacan las frutas, el pescado, los productos lácteos, el vino tinto y las vitaminas A, E, C y D.

Asimismo, estudios recientes sugieren que la actividad física regular, incluso desde edades tempranas, puede actuar como un mecanismo preventivo y terapéutico frente a la EA. La práctica de ejercicio favorece la formación de nuevos vasos sanguíneos y neuronas, además de reducir la inflamación y los factores de riesgo cerebrovascular. En paralelo, investigaciones epidemiológicas basadas en estudios de neuroimagen en individuos cognitivamente sanos han respaldado la hipótesis de la "reserva cognitiva", la cual plantea que las personas con mayor nivel educativo presentan una mayor resistencia al desarrollo de la enfermedad [12].

Si bien un estilo de vida saludable representa una estrategia protectora fundamental, es necesario considerar la influencia de los factores ambientales en la aparición de la EA. Se estima que aproximadamente el 20% de los casos de Alzheimer tienen un origen genético, mientras que el 80% restante está relacionado con factores ambientales. Entre los principales elementos de riesgo se incluyen el tabaquismo, que contribuye a la atrofia cerebral y al estrés oxidativo; el consumo excesivo de alcohol, que daña las células cerebrales y favorece la degeneración neuronal [13]. Inclusive, la depresión, que puede actuar como síntoma temprano o precursor de la enfermedad; la obesidad, que incrementa el riesgo vascular; y la diabetes mellitus, que ocasiona lesiones vasculares, inflamación

y estrés oxidativo [14,23]. Dado su impacto en la progresión de la EA, la identificación y el tratamiento oportuno de estos factores resultan esenciales para minimizar el deterioro cognitivo asociado a ellos.

En este sentido, un estudio reportó resultados inesperados en relación con el desarrollo de la enfermedad por factores genéticos. Se observó que el gen *APOEε4*, relacionado con un mayor riesgo de EA, presenta una mayor prevalencia en individuos del género masculino y en poblaciones con ascendencia africana [15]. Además, la presencia de dos copias de este alelo aumenta hasta cinco veces el riesgo de desarrollar la enfermedad en comparación con aquellos que poseen una sola copia, lo que sugiere una influencia genética significativa en su manifestación.

Por otra parte, el tratamiento de la EA requiere un enfoque integral, donde el apoyo familiar desempeña un papel crucial en la calidad de vida del paciente. Actualmente, existen cuatro fármacos aprobados para el tratamiento de la demencia: donepezilo, rivastigmina, galantamina y memantina, los cuales pueden retrasar el progreso de la enfermedad y mejorar temporalmente la función cognitiva. Asimismo, entre las estrategias no farmacológicas, la musicoterapia ha demostrado ser una intervención eficaz, ya que facilita la recuperación parcial de recuerdos autobiográficos, mejora la función cognitiva y contribuye a la rehabilitación del lenguaje.

3.2 Análisis neutrosófico: Factores, tratamientos, estrategias y proyección científica.

A partir de los datos analizados, la enfermedad de Alzheimer (EA) es una patología neurodegenerativa progresiva que afecta principalmente a la población adulta mayor. Su etiología es multifactorial y se asocia con la interacción de factores modificables y no modificables. Para comprender mejor su impacto en un conjunto poblacional determinado, es fundamental realizar un análisis de cada elemento que interactúa en el manejo de EA a partir de los conjuntos neutrosóficos refinados. Por tanto, se define el conjunto de elementos (CE) definido por $\{FA, TR, IE, PC\}$, donde (ver figura 1):

- FA, se encuentra determinado por los *factores modificables y no modificables*.
- TR, se encuentra definido por *farmacológico y no farmacológico en las diferentes etapas*.
- IE, se encuentra definido por *intervención estratégica*.
- PC, se define como *proyección científica.*

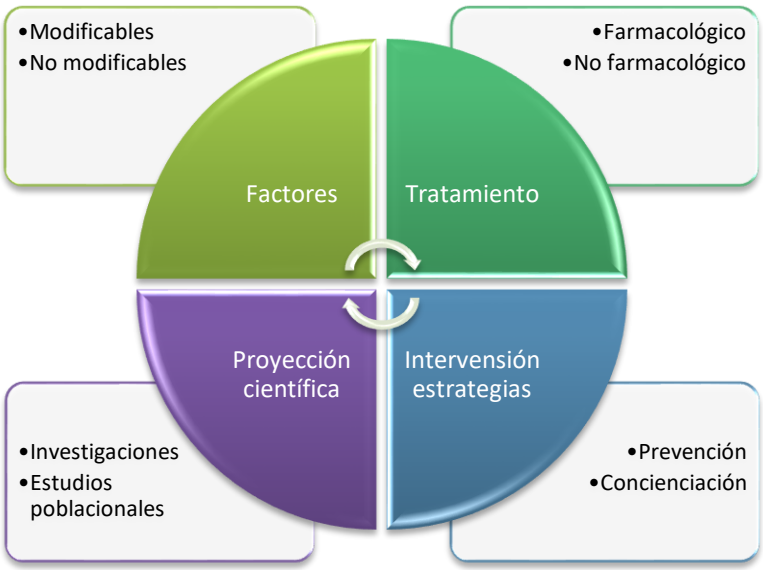


Figura 1: Elementos de interacción en el manejo de EA. Fuente: Elaboración propia.

3.2.1 Factores presentes en la enfermedad de Alzheimer.

Dentro del conjunto de elementos (CE), el subconjunto definido por factores (FA) en el manejo de la EA se subdivide en dos grupos, que a su vez se divide en subgrupos y estos últimos en elementos de menor grado, al aplicar el conjunto neutrosófico refinado (ver figura 2). De modo que este elemento del CE es refinado en tres niveles para medir el grado neutrosófico en el manejo de la EA (ver tabla 1).

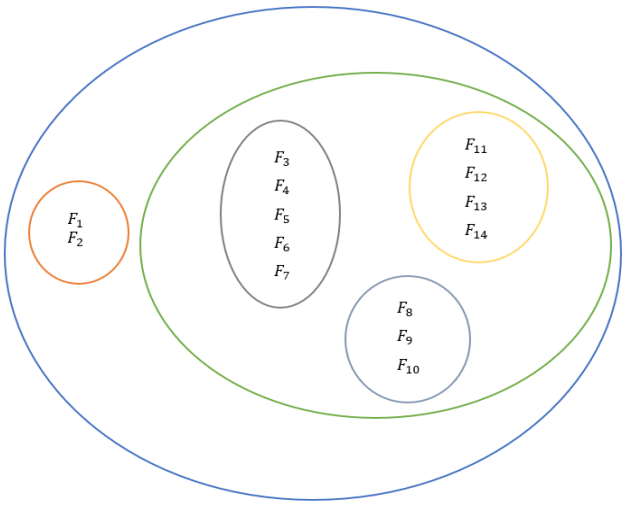


Figura 2: Subconjunto neutrosófico refinado de subelementos de FA que inciden en el manejo de EA. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1: Factores que inciden en la enfermedad de Alzheimer. Fuente: [16] [17].

Factor (Primer subnivel)	**Segundo subnivel**	**Tercer subnivel**	**FA.**
Factores no modificables (FNM)	Factores genéticos	Alelo APOEε4	F1
		Genes APP, PSEN1 y PSEN2	F2
Factores modificables (FM)	Factores ambientales (FAM)	Exposición a toxinas y metales pesados	F3
		Contaminación ambiental	F4
		Traumatismos craneoencefálicos	F5
		Consumo excesivo de alcohol	F6
		Tabaquismo	F7
	Factores de estilo de vida (FE)	Sedentarismo	F8
		Nutrición inadecuada	F9
		Bajo nivel educativo y escasa estimulación cognitiva	F10
	Factores médicos y metabólicos (FMM)	Hipertensión arterial y enfermedad cardiovascular	F11
		Diabetes mellitus tipo 2	F12
		Obesidad	F13
		Depresión y estrés crónico	F14

Al identificar cada subnivel de los subgrupos de cada factor permite identificar áreas de mejora en el manejo del Alzheimer. De hecho, cada subelemento permite identificar grupos de estrategias a implementar, sin embargo, se deben analizar los diferentes tratamientos aplicados para esta afección.

3.2.2 Tratamientos disponibles para la enfermedad de Alzheimer.

La efectividad de los tratamientos actuales para la enfermedad de Alzheimer (EA) se encuentra en constante evaluación. A pesar de que no existe una cura para esta enfermedad neurodegenerativa, los tratamientos disponibles han mostrado cierto grado de eficacia en la ralentización del deterioro cognitivo y en la mejora de la calidad de vida de los pacientes (ver tabla 2). Estos tratamientos se dividen principalmente en dos categorías: farmacológicos y no farmacológicos. No obstante, su implementación depende de las etapas donde transite el paciente, entre las cuales se identifican etapas tempranas (ET), etapas moderadas (EM) y etapas graves (EG) (ver figura 3).

Tabla 2: Tratamientos farmacológicos y no farmacológicos para el manejo del Alzheimer. Fuente: [18] [19].

Tipo	**Tratamiento**	**Efectividad**	**TR**	**Implementación**	**Efectos adversos**
Farmacológico	Donepezilo	Mejora temporal de la memoria y los síntomas conductuales, sin detener la progresión.	T1	Etapas tempranas y moderadas	Náuseas, diarrea, fatiga.

Tipo	Tratamiento	Efectividad	TR	Implementación	Efectos adversos
	Rivastigmina	Mejora temporal de la memoria y los síntomas conductuales, sin detener la progresión.	T2	Etapas tempranas y moderadas	Náuseas, diarrea, fatiga.
	Galantamina	Mejora temporal de los síntomas cognitivos y funcionales, sin alterar la progresión de la enfermedad.	T3	Etapas tempranas y moderadas	Náuseas, vómitos, pérdida de apetito, mareos
	Memantina	Mejora temporal de los síntomas en etapas moderadas a graves, sin detener la progresión.	T4	Etapas moderadas a graves	Efectos secundarios menores como mareos o somnolencia.
No farmacológico	Estimulación cognitiva	Mejora de las funciones cognitivas a corto plazo.	T5	Etapas tempranas y moderadas	Poca evidencia de efectos adversos directos.
	Terapia ocupacional	Mejora de la capacidad funcional y autonomía, sin afectar directamente la cognición.	T6	Etapas tempranas y moderadas	Poca evidencia de efectos adversos directos.
	Musicoterapia	Mejora de la memoria autobiográfica, reducción de la agitación y mejora emocional.	T7	Etapas tempranas y moderadas	Poca evidencia de efectos adversos directos.
	Fisioterapia y ejercicio físico	Mejora la circulación cerebral y el estado físico, al contribuir con efectos positivos limitados sobre la cognición.	T8	Etapas tempranas y moderadas	Posible fatiga o dolor muscular, al depender del tipo de ejercicio.
	Manejo del entorno	Reduce el estrés y promueve un entorno seguro, sin impacto directo sobre la cognición.	T9	Etapas tempranas y moderadas	Posible confusión o ansiedad en ambientes no adaptados.

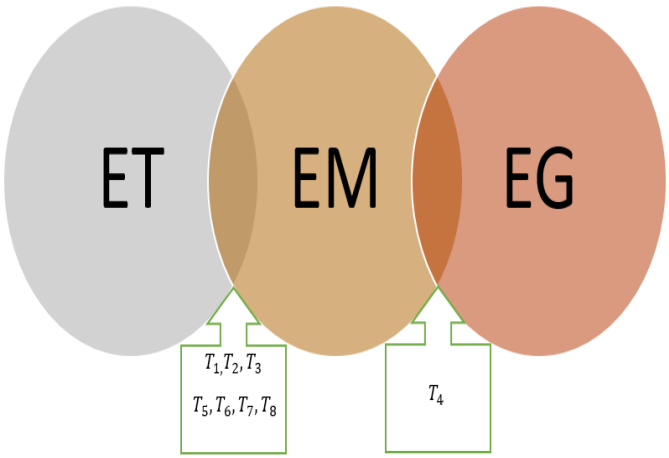


Figura 3: Subconjunto neutrosófico refinado de subelementos de TR que inciden en el manejo de EA. Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, los tratamientos farmacológicos actuales son eficaces en la mejora temporal de los síntomas, pero no detienen ni revierten la progresión de la enfermedad. Los tratamientos no farmacológicos, como la estimulación cognitiva, la musicoterapia y el ejercicio físico, mejoran la calidad de vida y reducen algunos síntomas conductuales y emocionales, pero también carecen de un impacto significativo sobre el deterioro cognitivo en las etapas avanzadas.

Si bien los tratamientos actuales ofrecen cierta mejora en la calidad de vida y en la ralentización temporal del deterioro cognitivo, no existe una intervención efectiva que detenga o revierta el curso de la enfermedad de Alzheimer. Por lo tanto, la investigación continua es crucial para encontrar tratamientos más efectivos, tanto farmacológicos como no farmacológicos, que aborden las causas subyacentes de la enfermedad y ofrezcan un tratamiento más eficaz a largo plazo. Además, la prevención mediante la modificación de factores de riesgo modificables, como la actividad física, la nutrición adecuada y el control de comorbilidades, juega un papel significativo en la reducción del riesgo de desarrollar la enfermedad.

3.2.3 Estrategias de prevención y concienciación.

Este elemento permite visualizar cómo cada estrategia de prevención y de concienciación se encuentra vinculada con los diferentes factores de riesgo del Alzheimer, al establecer una relación clara entre intervenciones y su impacto en la enfermedad (ver tabla 3). De hecho, se ha incluido la evaluación multineutrosófica de cada una de estas estrategias para identificar que intervención estratégica se debe priorizar (ver tabla 4). Así como elaborar la representación del conjunto neutrosófico refinado para el manejo del Alzheimer.

Tabla 3: Intervenciones estratégicas en el manejo del Alzheimer. Fuente: Elaboración propia.

Intervención estratégica (IE)	Estrategia	Descripción
Modificación de estilos de vida y prevención de factores de riesgo (IE-1)	1.1. Promoción de un estilo de vida activo	Fomentar la práctica regular de actividad física, como caminar, natación o ciclismo, para optimizar la perfusión cerebral y favorecer la neurogénesis.
	1.2. Educación nutricional y fomento de una alimentación neuroprotectora	Incentivar el consumo de una dieta equilibrada, rica en antioxidantes, ácidos grasos esenciales y compuestos neuroprotectores, al reducir la ingesta de grasas saturadas y azúcares refinados.
	1.3. Estrategias de reducción del consumo de sustancias neurotóxicas	Implementar campañas de concienciación sobre los efectos neurodegenerativos del tabaquismo y el consumo excesivo de alcohol, al promover la cesación y la adopción de hábitos saludables.
	1.4. Intervenciones en regulación emocional y manejo del estrés	Fomentar el bienestar psicológico a través de técnicas de regulación emocional como la meditación, yoga y mindfulness, además de la detección y tratamiento oportuno de la depresión como factor predisponente del Alzheimer.
	1.5. Programas de estimulación cognitiva	Incentivar la neuroplasticidad mediante la participación en actividades intelectualmente estimulantes, como la lectura, juegos de estrategia y el aprendizaje continuo.
Diagnóstico precoz y manejo multidisciplinario del Alzheimer (IE-2)	2.1. Programas de formación y capacitación profesional continua	Diseñar estrategias de educación permanente dirigidas a profesionales de la salud, al abordar aspectos diagnósticos, terapéuticos y preventivos del Alzheimer.
	2.2. Implementación de herramientas de diagnóstico temprano	Incorporar instrumentos de evaluación neurocognitiva en consultas clínicas rutinarias para la identificación precoz de déficits cognitivos.
	2.3. Asesoramiento especializado y planificación de estrategias personalizadas	Proveer orientación basada en la evidencia sobre la prevención del Alzheimer, al optimizar el manejo de factores de riesgo modificables mediante planes de intervención individualizados.
	2.4. Integración de equipos interdisciplinarios en el manejo del paciente	Establecer redes de trabajo multidisciplinario entre especialistas en neurología, geriatría, psicología y otras disciplinas para el manejo adecuado del paciente con deterioro cognitivo.
	2.5. Desarrollo de sistemas de seguimiento y vigilancia cognitiva	Diseñar mecanismos de monitorización longitudinal del estado neurocognitivo en poblaciones de riesgo, al permitir ajustes tempranos en estrategias preventivas y terapéuticas.
	2.6. Estrategias de control de comorbilidades asociadas al deterioro cognitivo	Promover el tratamiento integral de enfermedades crónicas como hipertensión y diabetes, dado su rol en la fisiopatología del Alzheimer.
Concienciación pública y apoyo a la red sociosanitaria (IE-3)	3.1. Estrategias de sensibilización y divulgación masiva	Desarrollar campañas nacionales de concienciación sobre la prevención del Alzheimer, al enfatizar la influencia de hábitos modificables en la neurodegeneración.

Intervención estratégica (IE)	Estrategia	Descripción
	3.2. Colaboración institucional para la educación preventiva	Implementar programas de formación en centros educativos para fomentar la cultura de prevención desde edades tempranas y promover conductas neuroprotectoras en la sociedad.
	3.3. Fortalecimiento de redes de apoyo y capacitación para cuidadores	Brindar formación especializada y soporte emocional a cuidadores, al incluir estrategias de estimulación cognitiva y técnicas de afrontamiento para reducir la carga del cuidado.

Tabla 4: Grados neutrosóficos de importancia en la implementación de las estrategias. Fuente: Elaboración propia.

IE	Estrategia	E	Factores	Peso: $(\{T\},\{I\},\{F\})$	
IE-1	1.1. Promoción de un estilo de vida activo	E1	$\{F_8, F_{11}, F_{13}\}$	({0.7,0.3},{0.5,0.2,0.8},{0.5,0.1})	0.57
	1.2. Educación nutricional y fomento de una alimentación neuroprotectora	E2	$\{F_9, F_{12}, F_{13}\}$	({0.6,0.9},{0.7,0.4,0.9},{0.1,0.6})	0.49
	1.3. Estrategias de reducción del consumo de sustancias neurotóxicas	E3	$\{F_6, F_7\}$	({0.2,0.9},{0.9,0.6,0.7},{0.1,0.4})	0.46
	1.4. Intervenciones en regulación emocional y manejo del estrés	E4	$\{F_{14}\}$	({0.7,0.3},{0.2,0.3,0.4},{0.8,0.7})	0.48
	1.5. Programas de estimulación cognitiva	E5	$\{F_{10}\}$	({0.9,0.8},{0.9,0.2,0.3},{0.7,0.2})	0.55
IE-2	2.1. Programas de formación y capacitación profesional continua	E6	$\{F_{10}\}$	({0.5,0.3},{0.9,0.3,0.5},{0.2,0.7})	0.42
	2.2. Implementación de herramientas de diagnóstico temprano	E7	$\{F_1, F_2, F_{11}, F_{12}\}$	({0.9,0.1},{0.4,0.2,0.4},{0.1,0.1})	0.69
	2.3. Asesoramiento especializado y planificación de estrategias personalizadas	E8	$\{FM\}$	({0.3,0.4},{0.1,0.3,0.2},{0.8,0.1})	0.57
	2.4. Integración de equipos interdisciplinarios en el manejo del paciente	E9	$\{F_{11}, F_{12}, F_{14}\}$	({0.2,0.9},{0.6,0.3,0.2},{0.3,0.7})	0.56
	2.5. Desarrollo de sistemas de seguimiento y vigilancia cognitiva	E10	$\{F_1, F_2, F_5, F_{12}\}$	({0.7,0.9},{0.2,0.4,0.6},{0.4,0.1})	0.63
	2.6. Estrategias de control de comorbilidades asociadas al deterioro cognitivo	E11	$\{F_{11}, F_{12}, F_{13}\}$	({0.8,0.9},{0.2,0.6,0.4},{0.3,0.9})	0.62
IE-3	3.1. Estrategias de sensibilización y divulgación masiva	E12	$\{FM\}$	({0.5,0.8},{0.5,0.8,0.2},{0.5,0.6})	0.46
	3.2. Colaboración institucional para la educación preventiva	E13	$\{F_{10}\}$	({0.5,0.8},{0.7,0.6,0.7},{0.3,0.4})	0.47
	3.3. Fortalecimiento de redes de apoyo y capacitación para cuidadores	E14	$\{F_{10}, F_{14}\}$	({0.1,0.8},{0.6,0.7,0.9},{0.3,0.2})	0.49

La evaluación neutrosófica ha permitido identificar que la intervención estratégica de mayor relevancia es el diagnóstico precoz y el manejo multidisciplinario del Alzheimer con un promedio de 94.8. De modo que se clasifica como la primera prioridad entre las tres intervenciones evaluadas. Por otro lado, en la figura 4 y 5 se observa el conjunto refinado con mayor presencia de los elementos en las intersecciones de los subconjuntos internos. De hecho, la presencia del elemento *proyección científica* surge a partir de las limitaciones existentes de las investigaciones, que dan origen a indeterminaciones referidas a la información parcial o con baja existencia en la toma de decisiones.

Por ejemplo, los subelementos F1 y F2, se clasifican en indeterminados debido que forman parte de los factores no modificables, por ende, se requiere que se fomente la investigación a partir de los estudios poblacionales y académicos. En cambio, los factores F3 y F4, representan la contaminación ambiental y la exposición de toxinas y metales pesados en la incidencia del EA, identificados en estudios previos, con características indeterminadas. Por último, cada estrategia se encuentra enfocada en mitigar uno o varios subelementos de FA, al mejorar la vida del paciente.

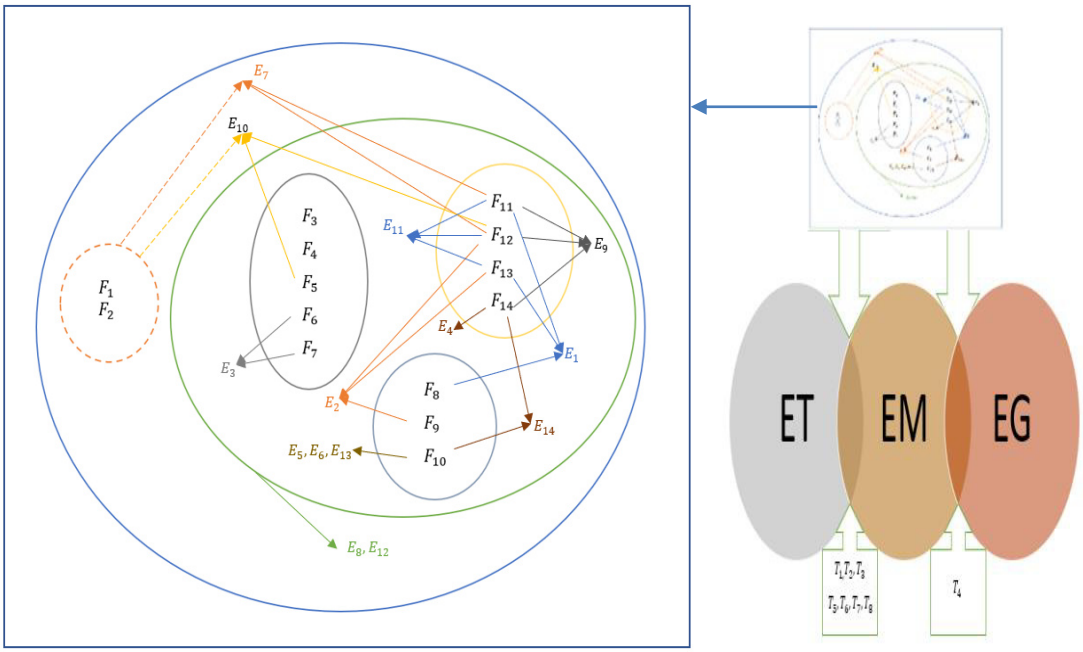


Figura 4 y 5: Conjunto neutrosófico refinado que inciden en el manejo de EA. Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 Proyección científica en el manejo del Alzheimer.

En los próximos estudios, es fundamental que se prioricen varios avances cruciales para el manejo del Alzheimer. Un área clave de investigación es la mejora del diagnóstico temprano, lo cual se lograría mediante el uso de biomarcadores accesibles y técnicas avanzadas de neuroimagen [20]. De hecho, permitiría la detección de la enfermedad antes de que se manifiesten los primeros síntomas clínicos. Además, se debe redirigir la investigación hacia el desarrollo de terapias modificadoras de la enfermedad, con el objetivo no solo de aliviar los síntomas, sino también de frenar o incluso revertir los procesos de neurodegeneración que caracterizan al Alzheimer. En este sentido, la medicina personalizada, que se centra en el perfil genético individual de los pacientes, debe ser un eje central para ofrecer tratamientos más específicos y adecuados a las necesidades particulares de cada enfermo.

Por otro lado, la identificación y manejo de factores de riesgo modificables deben recibir especial atención, ya que su control permitiría la implementación de estrategias preventivas más eficaces. En paralelo, el tratamiento debe incluir opciones no farmacológicas, tales como la estimulación cognitiva y programas de rehabilitación, las cuales pueden ser apoyadas por el uso de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial. Finalmente, se debe profundizar la investigación sobre procesos de neuroinflamación y neuroprotección, con el objetivo de desarrollar terapias que modulen estos mecanismos para preservar las funciones cognitivas. En conjunto, estos avances transformarían de manera significativa tanto el diagnóstico como el tratamiento y la prevención del Alzheimer, con efectos positivos para los pacientes y la sociedad en general.

4. Discusión

La presente investigación ha puesto de manifiesto que el manejo de la enfermedad de Alzheimer requiere un manejo integral y coordinado, dado su carácter multifactorial y progresivo. Se ha demostrado que los tratamientos actuales, tanto farmacológicos como no farmacológicos, ofrecen una mejora sintomática temporal, pero no logran detener ni revertir el proceso neurodegenerativo. Por ello, se hace indispensable promover el desarrollo de nuevas terapias dirigidas a los mecanismos fisiopatológicos subyacentes de la enfermedad. De hecho, la medicina personalizada ha emergido como una alternativa prometedora, al permitir la adaptación de los tratamientos al perfil genético y clínico de cada paciente. [24,25]

En complemento, la evaluación neutrosófica ha facilitado la identificación de intervenciones prioritarias, al constituir el diagnóstico precoz y el manejo interdisciplinario los elementos estratégicos de mayor impacto. Estas estrategias permiten optimizar el manejo clínico del Alzheimer, al fortalecer la planificación de políticas sanitarias. Del mismo modo, se ha incitado al cumplimiento de las medidas preventivas, como la adopción de estilos de vida saludables, el control de factores de riesgo modificables y la estimulación cognitiva. Estas acciones no solo reducen la incidencia de la enfermedad, sino que también mejoran la calidad de vida de las personas en riesgo.

Con base en la evidencia analizada, se ha recomendado fomentar la adopción de hábitos saludables por parte de la población general, al tiempo que se fortalece la formación de los cuidadores, quienes desempeñan un papel crucial en el bienestar de los pacientes con demencia. No obstante, esta investigación ha presentado limitaciones, entre ellas, destaca la escasa disponibilidad de información sobre las medidas preventivas adoptadas en el entorno ecuatoriano, así como la falta de datos estadísticos sobre la prevalencia del Alzheimer en la ciudad de Ambato. Estas deficiencias dificultan la evaluación precisa del impacto local de la enfermedad, al requerir de la ejecución de estudios complementarios. A pesar de ello, esta revisión ha permitido establecer un marco teórico sólido sobre las estrategias generales de prevención, que sirven como punto de partida para futuras investigaciones en el ámbito nacional. [26,27]

5. Conclusión

Los tratamientos actuales para la enfermedad de Alzheimer han ofrecido mejoras temporales en los síntomas, pero no han detenido ni revertido su progresión. De hecho, el análisis neutrosófico ha permitido priorizar estrategias preventivas, al destacar la adopción de hábitos saludables y la capacitación de cuidadores como intervenciones clave. Incluso, se ha determinado que el 80% de los casos están asociados a factores modificables, mientras que el 20% corresponde a factores genéticos no modificables, como el gen APOEε4. En estos últimos, las medidas preventivas no han logrado frenar el avance de la enfermedad. Además, la falta de datos locales ha limitado la evaluación integral de estas estrategias. Por tanto, se ha enfatizado la necesidad de impulsar investigaciones que desarrollen terapias curativas eficaces, independientemente del origen del Alzheimer.

Referencias

[1] Q. Zheng and X. Wang, "Alzheimer's disease: insights into pathology, molecular mechanisms, and therapy," *Protein & Cell,* vol. 16, no. 2, pp. 83-120, 2025. [Online]. Available: https://academic.oup.com/proteincell/article/16/2/83/7669040?login=false.

[2] H. Zhang, "The Impact of the APOEε4 on the Number of Neurons and Gene Expression of Degenerating Neurons in the Dorsolateral Prefrontal Cortex in Alzheimer's Patients," *Advances in Aging Research,* vol. 14, no. 2, pp. 65-81, 2025. [Online]. Available: https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=141413.

[3] M. P. Hoevenaar-Blom *et al.*, "Mediation of modifiable risk factors in two multidomain dementia prevention trials," *Alzheimer's & Dementia,* vol. 21, no. 2, pp. 1-10, 2025. [Online]. Available: https://alz-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/alz.14557.

[4] J. Wei *et al.*, "Modifiable and Non-Modifiable Risk Factors for Dementia Among Non-Hispanic White and Black Populations Aged 50-64 in the United States, 2006-2016," *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology,* vol. 38, no. 2, pp. 106-114, 2025. [Online]. Available: https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/08919887241267315.

[5] F. Vitali, G. L. Branigan, and R. D. Brinton, "Preventing Alzheimer's disease within reach by 2025: Targeted-risk-AD-prevention (TRAP) strategy," *Alzheimer's & Dementia: Translational Research & Clinical Interventions,* vol. 7, no. 1, p. e12190, 2021. [Online]. Available: https://alz-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/trc2.12190.

[6] S. Ribarič, "Physical exercise, a potential non-pharmacological intervention for attenuating neuroinflammation and cognitive decline in Alzheimer's disease patients," *International journal of molecular sciences,* vol. 23, no. 6, p. 3245, 2022. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/1422-0067/23/6/3245.

[7] A. M. Atta, W. S. Elkalla, S. A. Omran, and M. S. Elgawish, "Innovations in acetylcholinesterase inhibitors: emerging strategies for Alzheimer's disease therapy (2019–2024)," *Egyptian Pharmaceutical Journal,* vol. 24, no. 2, pp. 152-170, 2025. [Online]. Available: https://journals.ekb.eg/article_407574.html.

[8] E. González Caballero, M. Leyva Vázquez, and F. Smarandache, "On neutrosophic uninorms," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 45, no. 2021, pp. 340-348, 2021. [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol45/iss1/22.

[9] T. A. Al-Tamimi, L. A. Al-Swidi, and A. H. Al-Obaidi, "New Concepts in Partner Multineutrosophic Topological Space," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 24, no. 3, p. 172, 2024. [Online]. Available: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A1%3A16610129/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A180913659&crl=c&link_origin=scholar.google.es.

[10] S. Wang, H. Xu, G. Liu, and L. Chen, "Non-pharmacological treatment of Alzheimer's disease: an update," *Frontiers in Aging Neuroscience,* vol. 17, no. February, pp. 1-12, 2025. [Online]. Available: https://www.frontiersin.org/journals/aging-neuroscience/articles/10.3389/fnagi.2025.1527242/full.

[11] A. Singh S, C. Lakshmi, and C. and Vellapandian, "Modifiable risk factors of dementia in the Indian scenario," *Future Science OA,* vol. 11, no. 1, pp. 1-2, 2025/12/31 2025. [Online]. Available: https://doi.org/10.1080/20565623.2025.2483132.

[12] M. Bai *et al.*, "Application of carbon-based nanomaterials in Alzheimer's disease," *Materials Horizons,* vol. 12, no. 3, pp. 673-693, 2025. [Online]. Available: https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2025/mh/d4mh01256a.

[13] R. P. Fisher, L. Matheny, S. Ankeny, L. Qin, L. G. Coleman Jr, and R. P. Vetreno, "Adolescent binge alcohol exposure accelerates Alzheimer's disease-associated basal forebrain neuropathology through proinflammatory HMGB1 signaling," *Frontiers in Aging Neuroscience,* vol. 17, no. February, pp. 1-14, 2025. [Online]. Available: https://www.frontiersin.org/journals/aging-neuroscience/articles/10.3389/fnagi.2025.1531628/full.

[14] A. Sharma, S. Devi, A. Mannan, M. Kumar, and T. G. Singh, "PPAR-γ Signaling and Common Protective Pathways against Obesity and Alzheimer's Disease," *Current Signal Transduction Therapy,* vol. 20, no. 1, pp. 1-3, 2025.

[Online]. Available: https://www.benthamdirect.com/content/journals/cst/10.2174/0115743624267214241016103515.

[15] E. Palpatzis *et al.*, "Grief and Economic Stressors by Sex, Gender, and Education: Associations With Alzheimer Disease–Related Outcomes," *Neurology,* vol. 104, no. 8, pp. 1-20, 2025. [Online]. Available: https://www.neurology.org/doi/full/10.1212/WNL.0000000000213377.

[16] X. Dai, R. Liang, M. Dai, X. Li, and W. Zhao, "Smoking impacts Alzheimer's disease progression through oral microbiota modulation," *Molecular neurobiology,* vol. 62, no. 1, pp. 19-44, 2025. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s12035-024-04241-1.

[17] M. Moreno-Rodriguez, S. E. Perez, M. Malek-Ahmadi, and E. J. Mufson, "APOEε4 alters ApoE and Fabp7 in frontal cortex white matter in prodromal Alzheimer's disease," *Journal of Neuroinflammation,* vol. 22, no. 1, p. 25, 2025. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s12974-025-03349-y.

[18] J. Dou, H. Zhang, X. Fu, Y. Yang, and X. Gao, "Optimal dose and type of non-pharmacological treatments to improve cognitive function in people with Alzheimer's disease: a systematic review and network meta-analysis," *Aging & mental health,* vol. 29, no. 2, pp. 228-237, 2025. [Online]. Available: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13607863.2024.2379427.

[19] P. W. Tipton, "Updates on pharmacological treatment for Alzheimer's disease," *Neurologia i Neurochirurgia Polska,* vol. 58, no. 2, pp. 150-160, 2024. [Online]. Available: https://journals.viamedica.pl/neurologia_neurochirurgia_polska/article/view/96286.

[20] U. P. S. Group and A. s. D. N. Initiative, "Positron emission tomography harmonization in the Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative: A scalable and rigorous approach to multisite amyloid and tau quantification," *Alzheimer's and Dementia,* vol. 21, no. 1, p. e14378, 2025. [Online]. Available: https://mayoclinic.elsevierpure.com/en/publications/positron-emission-tomography-harmonization-in-the-alzheimers-dise.

[21] Correa-Vaca, A. M., Miralles, C., Márquez-Sánchez, F., & Vergara-Romero, A. "Circular Economy Based on Reverse Logistics: A Systematic Literature Review". Kurdish Studies, vol. 12, num. 1. 2023. Availble: https://www.researchgate.net/profile/Fidel-Marquez-Sanchez/publication/377874532_Circular_Economy_Based_on_Reverse_Logistics_A_Systematic_Literature_Review/links/65bbb6301e1ec12eff690232/Circular-Economy-Based-on-Reverse-Logistics-A-Systematic-Literature-Review.pdf

[22] Von Feigenblatt, O. F. "El retorno del generalista: las humanidades, las artes liberales y la inteligencia artificial". Revista Internacional del Instituto de Pensamiento Liberal, vol. 1, num. 1, pp 37-50, 2024. Availble: https://doi.org/10.51660/ripl.v1i1.9

[23] Estupiñán, C. P., Ortega, R. S., Márquez-Sánchez, F., & Romero, A. V. "Soberanía alimentaria desde la política pública y sus argumentos: Food sovereignty from public policy and its arguments". REVISTA CIENTÍFICA ECOCIENCIA, vol. 8, pp 79-93, 2021. Availble: https://doi.org/10.21855/ecociencia.80.635

[24] López Gutiérrez, J. C., Pérez Ones, I., Estupiñán Ricardo, J., & Ramos Carpio, J. P. "Integrating Neutrosophic Theory into Regression Models for Enhanced Prediction of Uncertainty in Social Innovation Ecosystems". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp 18, 2024. Availble: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol71/iss1/18/

[25] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025. Availble: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-9881-0_7

[26] Sánchez, F. M. "¿ Qué universidad necesitamos para enfrentar los retos del desarrollo?". Revista Uniandes Episteme, vol. 11, num. 3, pp. 305-307, 2024. Availble: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9948108.pdf

[27] von Feigenblatt Rojas, O. F. "Presentación del campo emergente de la Diplomacia Académica". Revista Universidad y Sociedad, vol. 15, num. 2, pp. 316-325, 2023. Availble: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202023000200316&script=sci_arttext

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 22, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Análisis multineutrosófico de las alteraciones musculoesqueléticas y orales en niños con patrones respiratorios disfuncionales

Multineutrosophic analysis of musculoskeletal and oral alterations in children with dysfunctional respiratory patterns

Johanna Elizabeth Fiallos Sánchez [1], Diego Mauricio Laverde Albarracín [2], and Santiago Xavier Reinoso Acosta [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato.Ecuador. ua.johannafs23@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato.Ecuador. ua.diegolaverde@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato.Ecuador. oa.santiagoxra28@uniandes.edu.ec

Resumen. La respiración bucal en niños está vinculada con alteraciones bucales y posturales que afectan el desarrollo craneofacial y musculoesquelético, al constituir comúnmente causada por obstrucciones respiratorias. Por ello, este estudio analizó la relación entre la respiración bucal y las alteraciones bucales en niños de 2 a 12 años, con el fin de entender sus implicaciones y proponer soluciones de diagnóstico y tratamiento temprano. Para ello, se revisaron estudios sobre esta relación en niños con respiración bucal y posturales, además del análisis multineutrosófico, así como de la precisión y aplicabilidad clínica de los métodos diagnósticos. Los resultados mostraron una alta prevalencia de maloclusiones y alteraciones posturales, al destacar la retracción mandibular, mordida cruzada y cambios en la lordosis cervical. Se concluyó que el diagnóstico y tratamiento temprano de la respiración bucal son esenciales para prevenir complicaciones craneofaciales y posturales, al sugerir una evaluación clínica integral para su manejo adecuado.

Palabras Claves: Respiración bucal, alteraciones posturales, maloclusiones, diagnóstico, multineutrosofía.

Abstract. Mouth breathing in children is associated with oral and postural alterations that affect craniofacial and musculoskeletal development, commonly caused by respiratory obstructions. Therefore, this study analyzed the relationship between mouth breathing and oral alterations in children aged 2 to 12, aiming to understand its implications and propose early diagnosis and treatment solutions. A review of studies on this relationship in children with mouth breathing and postural issues was conducted, alongside a multineutrosophic analysis and the assessment of diagnostic methods' precision and clinical applicability. The results showed a high prevalence of malocclusions and postural alterations, highlighting mandibular retrusion, crossbite, and changes in cervical lordosis. It was concluded that early diagnosis and treatment of mouth breathing are essential to prevent craniofacial and postural complications, with the recommendation for a comprehensive clinical evaluation for proper management.

Keywords: Mouth breathing, postural disorders, malocclusions, diagnosis, multineutrosophy.

1 Introducción

La respiración bucal es una alteración funcional cada vez más frecuente en la población, que va más allá de una simple variante del patrón respiratorio. Este hábito, caracterizado por la inhalación y exhalación de aire a través de la boca en lugar de la nariz, puede desencadenar una serie de efectos adversos tanto en la salud bucal como en la postura corporal [1]. Dentro de sus principales consecuencias se incluyen el desarrollo de maloclusiones, desplazamientos dentales y alteraciones en el crecimiento craneofacial. Además, se ha identificado una mayor predisposición a la aparición de caries dental en individuos con respiración bucal crónica, así como alteraciones posturales tales como hipercifosis torácica y modificaciones en la lordosis cervical [2].

La respiración es una función vital que se ejecuta de manera inconsciente e involuntaria, estrechamente relacionada con la masticación, la deglución y la actividad muscular de los labios y la lengua. De hecho, su correcto

desempeño contribuye significativamente al desarrollo y crecimiento armonioso de las estructuras faciales. En este sentido, múltiples investigaciones han establecido una estrecha relación entre la respiración bucal, la postura corporal y la calidad de vida de los pacientes [3]. En edades tempranas, la magnitud, frecuencia e intensidad de la respiración bucal determinan la severidad de las alteraciones que esta provoca. Se ha señalado que sus causas pueden ser diversas, al incluir desde obstrucciones en la vía aérea nasal hasta una disminución del tono muscular perioral. Las consecuencias de este patrón respiratorio trascienden la cavidad oral, al comprometer el equilibrio postural y la función muscular [4,20].

Por otra parte, la respiración bucal es considerada uno de los hábitos más perjudiciales en la infancia, y su presencia también ha sido vinculada con trastornos del sueño. De hecho, su prevalencia en niños varía entre el 11 % y el 56 %, y aunque en algunos casos tiende a resolverse con la edad, en aquellos en los que persiste pueden presentarse alteraciones estructurales y funcionales significativas. Desde hace décadas, se ha investigado la asociación entre la respiración bucal, la posición cefálica y las maloclusiones, al evidenciarse su contribución al desarrollo de maloclusiones Clase II de Angle [5]. Así mismo, diversos estudios han establecido una conexión clara entre la respiración bucal, la postura adelantada de la cabeza y las alteraciones en la oclusión [6].

En niños y adolescentes, la respiración bucal no solo afecta la alineación dental y el crecimiento maxilofacial, sino que también incide en la postura general. Entre los cambios posturales más comunes se encuentran la hipercifosis torácica, la proyección anterior de los hombros, la elevación y abducción escapular, la postura adelantada de la cabeza y la disminución de la lordosis cervical [7,21]. Estas modificaciones estructurales generan un desequilibrio corporal que, a su vez, conduce a un aumento compensatorio de la lordosis lumbar y la inclinación pélvica, al afectar la biomecánica global del cuerpo.

Dada la relevancia de esta problemática, resulta fundamental comprender el síndrome del respirador bucal y sus repercusiones a nivel bucal y postural, con el fin de promover su detección precoz y un tratamiento terapéutico oportuno (9). En mención de lo antes referido, la presente investigación tiene como propósito identificar la relación existente entre la respiración bucal y las alteraciones bucales y posturales. Comprender esta conexión permite desarrollar estrategias de intervención efectivas, fomentar la respiración nasal y mejorar la calidad de vida de los individuos afectados por esta alteración respiratoria. Para ello, se realizó una revisión de nueve fuentes académicas referente al tema analizado, así como el análisis de cada grupo poblacional de pacientes de hasta 12 años en relación con los métodos clínicos aplicados y diagnósticos identificados. Incluso se realizó una evaluación de cada conjunto de información aportada en el estudio a través del análisis neutrosófico refinado y multineutrosófico en cada elemento evaluado.

2. Métodos

2.1. Información del estudio.

Se realizó una revisión de nueve fuentes académicas sobre la respiración bucal y sus efectos en la salud bucal y postural. El estudio se enfocó en pacientes de hasta 12 años, al analizar métodos clínicos como la observación postural, el examen oral y la medición de parámetros respiratorios. Se identificaron diagnósticos asociados, como maloclusiones, desarrollo maxilar inadecuado y desviaciones posturales. Este análisis permitió establecer una correlación entre la respiración bucal y sus consecuencias, al proporcionar bases para futuras estrategias de intervención y tratamiento.

2.2. Conjunto neutrosófico

Definition 1 [8]. The *Neutrosophic set N* is characterized by three membership functions, which are the truth-membership function T_A, indeterminacy-membership function I_A, and falsity-membership function F_A, where U is the Universe of Discourse and $\forall x \in U$, $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \subseteq]^{-}0, 1^{+}[$, and $^{-}0 \leq \inf T_A(x) + \inf I_A(x) + \inf F_A(x) \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \leq 3^{+}$.

See that according to the definition, $T_A(x), I_A(x)$, and $F_A(x)$ are real standard or non-standard subsets of $]^{-}0, 1^{+}[$ and hence, $T_A(x), I_A(x)$ and $F_A(x)$ can be sub-intervals of $[0, 1]$. $^{-}0$ and 1^{+} belong to the set of hyperreal numbers.

Definition 2. The *Single-Valued Neutrosophic Set* (SVNS) A over U is $A = \{< x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) > : x \in U\}$, where $T_A: U \to [0, 1]$, $I_A: U \to [0, 1]$ and $F_A: U \to [0, 1]$. $0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$.

Los CNVU surgieron con la idea de aplicar los conjuntos neutrosóficos con fines prácticos. Algunas operaciones entre NNVU se expresan a continuación:

Dados A1 = (a1, b1, c1) y A2 = (a2, b2, c2) dos NNVU se tiene que la suma entre A1 y A2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1 + a_2 - a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2) \tag{1}$$

Dados $A1 = (a1, b1, c1)$ y $A2 = (a2, b2, c2)$ dos NNVU se tiene que la multiplicación entre A1 y A2 se define como:

$$A_1\ A_2 = (a_1a_2, b_1+b_2 - b_1b_2, c_1 + c_2 - c_1c_2) \quad (2)$$

El producto por un escalar positivo con un NNVU, A = (a, b, c) se define por:

$$A = (1 - (1 - a), b, c) \quad (3)$$

The *Single-Valued Neutrosophic Number* (SVNN) is symbolized by
$N = (t, i, f)$, such that $0 \leq t, i, f \leq 1$ and $0 \leq t + i + f \leq 3$.

Definition 3. The Subset Refined Neutrosophic Set (SRNS).

Let $\mathcal{U}$ be a universe of discourse, and a set $R \subset \mathcal{U}$. Then a Subset Refined Neutrosophic R is defined as follows: $R = \{x, x(T, I, F), x \in U\}$, where T is refined/split into p sub-truths, $T = \langle T_1, T_2, \dots T_p \rangle, T_j \subseteq [0,1], 1 \leq j \leq p$; I is refined/split into r sub-indeterminacies, $I = \langle I_1, I_2, \dots I_r \rangle, I_k \subseteq [0,1], 1 \leq k \leq r$, and F is refined/split into s sub-falsehoods, $F = \langle F_1, F_2, \dots F_l \rangle, F_s \subseteq [0,1], 1 \leq l \leq s$, where $p, r, s \geq 0$ are integers, and $p + r + s = n \geq 2$, and at least one of $p, r, s\ is \geq 2$ in order to ensure the existence of refinement (splitting).

Definition 4 ([9])**.** The MultiNeutrosophic Set (or Subset MultiNeutrosophic Set SMNS).

Let $\mathcal{U}$ be a universe of discourse and M a subset of it. Then, a MultiNeutrosophic Set is: $M = \{x, x(T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)\}, x \in U$,

where p, r, s are integers $\geq 0, p + r + s = n \geq 2$ and at least one of $p, r, s\ is \geq 2$, in order to ensure the existence of multiplicity of at least one neutrosophic component: truth/membership, indeterminacy, or falsehood/nonmembership; all subsets $T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s \subseteq [0,1]$;

$0 \leq \sum_{j=1}^{p} inf\ T_j + \sum_{k=1}^{r} inf\ I_k + \sum_{l=1}^{s} inf\ F_l \leq \sum_{j=1}^{p} sup\ T_j + \sum_{k=1}^{r} sup\ I_k + \sum_{l=1}^{s} sup\ F_l \leq n$.

No other restrictions apply on these neutrosophic multicomponents.

$T_1, T_2, \dots, T_p$ are multiplicities of the truth, each one provided by a different source of information (expert).

Similarly, $I_1, I_2, \dots, I_r$ are multiplicities of the indeterminacy, each one provided by a different source.

And $F_1, F_2, \dots, F_s$ are multiplicities of the falsehood, each one provided by a different source.

The Degree of MultiTruth (MultiMembership), also called *MultiDegree of Truth*, of the element x with respect to the set M are $T_1, T_2, \dots, T_p$.

the Degree of MultiIndeterminacy (MultiNeutrality), also called *MultiDegree of Indeterminacy*, of the element x with respect to the set M are $I_1, I_2, \dots, I_r$.

and the Degree of MultiFalsehood (MultiNonmembership), also called *MultiDegree of Falsehood*, of element x with respect to the set M are $F_1, F_2, \dots, F_s$.

All these $p + r + s = n \geq 2$ are assigned by n sources (experts) that may be:

- either totally independent;
- or partially independent and partially dependent;
- or totally dependent; according or as needed to each specific application.

A generic element x with regard to the MultiNeutrosophic Set A has the form:

$x(T_1, T_2, \dots, T_p;$	$I_1, I_2, \dots, I_r;$	$F_1, F_2, \dots, F_s)$
multi-truth	multi-indeterminacy	multi-falsehood

In many particular cases $p = r = s$, and a source (expert) assigns all three degrees of truth, indeterminacy, and falsehood T_j, I_j, F_j for the same element.

Definition 5. Ranking n-valued MultiNeutrosophic tuples of different (p, r, s)–forms.

Let's consider two n-valued multi neutrosophic tuples of the forms (p_1, r_1, s_1) and respectively (p_2, r_2, s_2), where $p_1, r_1, s_1, p_2, r_2, s_2$ are integers ≥ 0, and $p_1 + r_1 + s_1 = n_1 \geq 2$, and at least one of $p_1, r_1, s_1 is \geq 2$, to be sure that we have multiplicity for at least one neutrusophic component (either truth, or indeterminacy, or falsehood); similarly $p_2 + r_2 + s_2 = n_2 \geq 2$, and at least one of $p_2, r_2, s_2\ is \geq 2$.

Let's take the following Single-Valued Multi Neutrosophic Tulpes (SVMNT):

$SVMNT = (T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)$ of $(p_1, r_1, s_1) - form$, and

$SVMNT' = (T'_1, T'_2, \dots, T'_p; I'_1, I'_2, \dots, I'_r; F'_1, F'_2, \dots, F'_s)$ of $(p_1, r_1, s_1) - form$.

It makes the classical averages of truth (T_a), indeterminancies (I_a) and falsehood (F_a), respectively for $SVMNT = (T_a, I_a, F_a)$ and the averages of truths (T_a), indeterminancies (I_a) and falsehood (F_a) respectively for: $SVMNT = (T'_a, I'_a, F'_a)$. And then it applies the Score (S), Accuracy (A), and Certainty (C) Functions, as for the single valued neutrosophic set:

Compute the Score Function (average of positiveness) (4).

$$S(T_a, I_a, F_a) = \frac{T_a + (1 - I_a) + (1 - F_a)}{3}$$
$$S(T'_a, I'_a, F'_a) = \frac{T'_a + (1 - I'_a) + (1 - F'_a)}{3} \quad (4)$$

i. If $S(T_a, I_a, F_a) \geq S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
ii. If $S(T_a, I_a, F_a) \leq S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
iii. And if $S(T_a, I_a, F_a) = S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$, then go to the second step.

Compute the Accuracy Function (difference between the truth and falsehood) (5).

$$A(T_a, I_a, F_a) = T_a - F_a$$
$$A(T'_a, I'_a, F'_a) = T'_a - F'_a \quad (5)$$

i. If $A(T_a, I_a, F_a) \geq A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
ii. If $A(T_a, I_a, F_a) \leq A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
iii. And if $A(T_a, I_a, F_a) = A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$, then go to the third step.

3. Compute the Certainty Function (truth) (6).

$$C(T_a, I_a, F_a) = T_a$$
$$C(T'_a, I'_a, F'_a) = T'_a \quad (6)$$

i. If $C(T_a, I_a, F_a) \geq C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
ii. If $C(T_a, I_a, F_a) \leq C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
iii. And if $C(T_a, I_a, F_a) = C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$ are multi-neutrosophically equal, i.e $T_a = T'_a, I_a = I'_a, F_a = F'_a$, or their corresponding truth, indeterminancy, and falsehood averages are equal.

3. Relación entre la respiración bucal con las alteraciones bucales y posturales.

3.1 Relación entre el conjunto población, método diagnóstico y diagnóstico.

Del universo del estudio se seleccionaron 9 subconjuntos, agrupados en el conjunto población de niños de 2 a 12 años, identificado por P_i donde $i \in \{1,2,3\ldots,9\}$ (ver tabla 1). A cada subconjunto de P_j identificados en la revisión bibliográfica del presente estudio, se examinaron los resultados de las pruebas o exámenes respecto a la conexión entre la respiración bucal, la postura y la calidad de vida en pacientes de 2 a 12 años de edad. Por tanto, esos métodos de diagnóstico se encuentran agrupados en el conjunto M_j, donde para $j \in \{1,2,3\ldots,6\}$ (ver tabla 2). Además, de definir cada elemento del conjunto D_k para cada diagnóstico referente a las alteraciones bucales y posturales analizadas en el estudio (ver tabla 3).

Tabla 1: Subconjuntos población de P_j del estudio. Fuente: Elaboración propia.

P_i	Subconjuntos población
p_1	103 participantes
p_2	1616 niños de 6 años
p_3	147 niños-51,7% hombres-edad 2 a 12 años
p_4	1.093 adolescentes de 11 años
p_5	417 niños de 5 a 12 años
p_6	60 pacientes- edad media de 9,13 (+/- 1,68) años
p_7	10 niños de 6 a 12 años
p_8	20 niños de 6 a 12 años
p_9	126 niños de 6 a 12 años

Tabla 2: Conjunto método diagnóstico utilizados del estudio. Fuente: Elaboración propia.

M_j	Método diagnóstico	Descripción
m_1	Estudios clínicos	Evaluación de pacientes en busca de la presencia de maloclusiones mediante observación directa y análisis funcional.
m_2	Estudios transversales	Análisis de grandes muestras poblacionales en un momento específico para identificar la prevalencia de maloclusiones y su asociación con la respiración bucal.
m_3	Metaanálisis	Síntesis de múltiples estudios para evaluar el impacto de la respiración bucal en la postura corporal.
m_4	Estudios analíticos	Evaluación estadística de la relación entre la respiración bucal y alteraciones craneofaciales o posturales.
m_5	Estudios observacionales cefalométricos	Análisis de parámetros cefalométricos para determinar cambios posturales en niños con respiración bucal.
m_6	Estudios retrospectivos	Análisis de datos previos para evaluar la ubicación del hueso hioides y la postura de la cabeza en niños con respiración bucal.

Tabla 3: Conjunto diagnóstico de las alteraciones bucales y posturales. Fuente: Elaboración propia.

D_j	Diagnóstico	Descripción
d_1	Maloclusiones	Presencia de maloclusión, al incluir mandíbulas retraídas, mordida cruzada, desarrollo maxilofacial alterado, protrusión labial, relación Clase II y aumento del resalte.
d_2	Alteraciones en la postura corporal	Identificación de desviaciones posturales como inclinación de la cabeza hacia adelante y cambios en la alineación de la columna cervical.
d_3	Alteraciones en la lordosis	Diagnóstico de anomalías en la curvatura cervical asociadas a la respiración bucal.
d_4	Alteraciones en la postura de la cabeza	Evaluación de la ubicación baja y anterior del hueso hioides, así como cambios en los parámetros cefalométricos (NSL/VER y FH/VER).

A continuación, se proponen la intersección entre los conjuntos $\{\{P_i \cap M_j\} \cap \{D_k\}$según los datos aportados en las investigaciones de las fuentes académicas del presente estudio (ver figura 1). Por tanto, cada evaluación clínica M_j realizada a una población P_i se encontraría insertada a uno o varios elementos D_k. A continuación, se proponen los resultados de la intersección de estos conjuntos en una zona de intersección o subconjunto L_q, que posee los siguientes pares $\{\{P_i \cap M_j\} \cap \{D_k\}$, donde $q \in \{1,2,3,\ldots,v\}$.

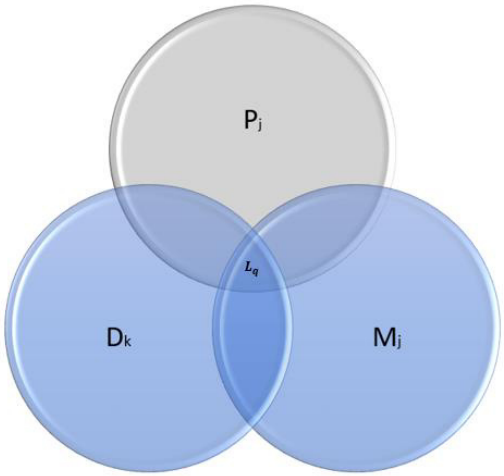


Figura 2: Zona de intersección L_q. **Fuente:** Elaboración propia.

Análisis de los resultados de las fuentes académicas consultadas determinan la relación entre la respiración bucal y la aparición de alteraciones bucales y posturales en diferentes grupos poblacionales. De hecho, se evidencia que en la zona L_q la respiración bucal se asocia con la presencia de maloclusiones y modificaciones posturales, con distintos grados de prevalencia y significancia estadística (ver tabla 4).

Tabla 4: Resultado de los estudios académicos representados en nueve segmentos de la intersección de L_q. Fuente: Elaboración propia.

No.	$\{\{P_i \cap M_j\} \cap \{D_k\}$	Resultado
1	$L_q: \{p_1 \cap m_1\} \cap \{d_1\}$	Se evaluaron a 103 participantes, de los cuales el 20,4% presentaba respiración bucal. A partir del análisis clínico, se determinó que el 13,6% de los sujetos evaluados manifestaba maloclusiones, aunque sin alcanzar significancia estadística (p>0,05). Además, se observó que estos individuos presentaban mandíbulas retraídas tanto en la región superior como inferior, lo que sugiere una relación con la función muscular orofacial, al incluir la fuerza de cierre de los labios, la presión de la lengua y la eficiencia masticatoria [10].
2	$L_q: \{p_2 \cap m_2\} \cap \{d_1\}$	Se realizaron un estudio transversal en una muestra de 1.616 niños de seis años, al encontrar que el 46% presentaba signos de maloclusión leve (p=0,008). Los resultados indicaron que los hábitos de succión y la respiración oral estaban estrechamente relacionados con la mordida abierta anterior, la mordida cruzada posterior y el aumento del resalte, lo que resalta la influencia de estos factores en el desarrollo de maloclusiones.
3	$L_q: \{p_3 \cap m_2\} \cap \{d_1\}$	Se examinaron a 147 niños con edades comprendidas entre 2 y 12 años, de los cuales el 31,8% presentó respiración bucal. Se estableció una asociación estadísticamente significativa entre la respiración bucal y la presencia de mordida cruzada posterior (p<0,012), así

No.	$\{\{P_i \cap M_j\} \cap \{D_k\}$	Resultado
		como con la Clase II de Angle (p<0,008). Esto sugiere que la población infantil es particularmente vulnerable al desarrollo de maloclusiones durante su crecimiento, lo que enfatiza la necesidad de adoptar medidas preventivas en esta etapa.
4	$L_q: \{p_4 \cap m_2\} \cap \{d_1\}$	Se evaluaron a 1.093 adolescentes de 11 años mediante un estudio transversal, al reportar una incidencia del 72,66% de maloclusión. Se evidenció que la respiración bucal influye de manera significativa en la aparición de estas alteraciones (p=0,000). Además, se identificó que la maloclusión, junto con otros cuatro hábitos bucales perjudiciales, constituye un factor de riesgo independiente para el desarrollo de caries en adolescentes [11].
5	$L_q: \{p_5 \cap m_3\} \cap \{d_2\}$	Se realizaron un metaanálisis en una población de 417 niños de entre 5 y 12 años, al identificar que el patrón de respiración bucal está estrechamente relacionado con desviaciones posturales, particularmente con la inclinación de la cabeza hacia adelante. Se determinó que esta posición genera tensión en los músculos extensores de la cabeza y provoca un estiramiento de los músculos infrahioideos, lo que a su vez genera una tracción inferior y posterior del hueso hioides.
6	$L_q: \{p_6 \cap m_4\} \cap \{d_3\}$	Se analizaron a 60 pacientes con una edad media de 9,13 ± 1,68 años y encontraron una asociación significativa entre la respiración oral y la alteración en la lordosis cervical (p=0,000). Los resultados indicaron que la respiración bucal influye directamente en la aparición de alteraciones craneofaciales, incluidas las maloclusiones dentales [12,22].
7	$L_q: \{p_7 \cap m_2\} \cap \{d_2\}$	Se examinaron a 10 niños de 6 a 12 años y hallaron correlaciones positivas y moderadas entre las medidas de lordosis cervical, la distancia cervical y el flujo espiratorio máximo (p=0,017). Los resultados sugieren que el modo de respiración tiene una influencia directa en las medidas posturales y respiratorias, al reforzar la necesidad de evaluar la función respiratoria en estudios posturales.
8	$L_q: \{p_8 \cap m_5\} \cap \{d_4\}$	Se realizaron un estudio observacional cefalométrico con 20 niños entre 6 y 12 años, al encontrar un leve incremento en los parámetros NSL/VER y FH/VER en aquellos con respiración bucal (p=0,000). Se concluyó que los cambios posturales asociados a la respiración bucal, si se mantienen durante períodos prolongados, pueden ser la causa de deformidades esqueléticas graves [13].
9	$L_q: \{p_9 \cap m_6\} \cap \{d_4\}$	Se realizó un estudio retrospectivo con 126 niños de entre 6 y 12 años, al evidenciar que el hueso hioides se encontraba en una posición más anterior en aquellos niños de mayor edad que presentaban respiración bucal (p=0,036). Además, estos sujetos mostraban una postura de cabeza extendida y una posición inferior del hueso hioides, al reforzar la conexión entre la respiración oral y las modificaciones en la postura de la cabeza [5].

En la tabla 4, los estudios revisados aportan evidencia sobre la relación entre la respiración bucal y la presencia de maloclusiones y alteraciones posturales. De hecho, se destacan la necesidad de la detección temprana y del trabajo multidisciplinario para minimizar los efectos adversos de la respiración bucal en el desarrollo craneofacial y postural. No obstante, aun cuando la intersección L_q para los nueve estudios han definido evidencia sobre la relación entre la respiración bucal y la presencia de maloclusiones y alteraciones posturales quedan pendiente información parcialmente conocida o desconocida que no se analiza en el estudio (definidas como I). Por tanto, se requiere de ampliar el estudio al análisis neutrosófico de estos conjuntos. Para ello, se proponen nuevamente una representación de la zona L_q a partir de una matriz neutrosófica (ver tabla 5).

Tabla 5: Matriz neutrosófica de la zona L_q según el estudio. Fuente: Elaboración propia.

$L_q: \{P_i \cap M_j\} \cap \{D_k\}$	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_s
p_1	d_1	I	I	I	I	I	I
p_2	I	d_1	I	I	I	I	I
p_3	I	d_1	I	I	I	I	I
p_4	I	d_1	I	I	I	I	I
p_5	I	I	d_2	I	I	I	I
p_6	I	I	I	d_3	I	I	I
p_7	I	d_2	I	I	I	I	I
p_8	I	I	I	I	d_4	I	I
p_9	I	I	I	I	I	d_4	I
p_r	I	I	I	I	I	I	I

Análisis neutrosófico de la zona L_q:

- Los subconjuntos de P_i se encuentran definidos por diferentes características de la población acotadas por el atributo edad en el conjunto población. De hecho, estos subconjuntos incluirían diferentes antecedentes de la población seleccionada.
- El conjunto $M_j$debe definirse mediante subconjuntos refinados definidos por el par $\{\{precisión\},\{aplicabilidad\ clínica\}\}$ para determinar los grados neutrosóficos de efectividad del método diagnóstico aplicado a la población definida para cada subconjunto de P_i. Además, el examen clínico a cada subconjunto población se encuentra definido por uno o varios subconjuntos de M_j. Por ejemplo:
  Un subconjunto p_s se encuentra evaluado por uno o varios métodos diagnóstico $\{m_1, m_2\}$, que a su vez son evaluados por C_1: precisión, C_2: aplicabilidad clínica y C_3: acceso al sistema de salud. Por tanto, se determinan subdivisiones de este conjunto (características de la neutrosofía refinada) debido que el paciente se encuentra sujeto en primer lugar al grado de alcance del servicio de salud. Por otro lado, el especialista es quien debe definir el método diagnóstico según el grado de rendimiento neutrosófico respecto al par C_1 y C_2. De este modo, se realizan n-subdivisiones de la zona L_q, así como de los grados neutrosóficos evaluados. Por tanto, permite determinar si los subconjuntos de P_i deben ser refinados en n-atributos.
- Los subconjuntos de D_k deben integrar en los análisis del estudio cada indeterminación existente, por ejemplo:
  Una población con diversas características de niños acotado por el atributo edad del conjunto P_i, se define como un subconjunto, al cual es evaluada por una o varias subdivisiones C_1, C_2 y C_3 del subconjunto M_j. Esta intersección identifica del conjunto D_k aquellas afecciones relacionadas sobre la relación entre la respiración bucal y la presencia de maloclusiones y alteraciones posturales. De hecho, un niño o grupos pequeños de niños pueden presentar una o varias patologías representadas en la zona L_q, que a su vez fueron diagnosticadas por una o varios métodos diagnósticos.

La inclusión del análisis multineutrosófico y la implementación de la neutrosofía refinada en el estudio permite identificar múltiples estrategias de las poblaciones estudiadas. De hecho, las estrategias preventivas y de educación depende de identificar de las múltiples divisiones de la zona L_q, cual corresponde a la población o subpoblación analizada correspondiente a la intersección de L_q: $\{P_i \cap M_j\} \cap \{D_k\}$. Además, de integrar uno varios métodos diagnósticos para obtener un diagnóstico con alto grado de veracidad, al identificar las posibles patologías asociadas a las afecciones sobre la relación entre la respiración bucal y la presencia de maloclusiones y alteraciones posturales. De hecho, permite incluir y analizar el impacto a largo plazo de la respiración bucal en el crecimiento craneofacial y su relación con otras patologías del desarrollo infantil. [23]

3.2 Evaluación multineutrosófico de los métodos diagnósticos para la detección de la respiración bucal.

El diagnóstico de la respiración bucal requiere un trabajo multidisciplinario que combine la evaluación clínica, pruebas funcionales y estudios por imágenes. A continuación, se presentan los principales métodos utilizados en la práctica clínica, al analizar su precisión y aplicabilidad en diferentes escenarios. Así como la evaluación multineutrosófica de cada método diagnóstico (ver tabla 6 y 7).

Tabla 6: Métodos diagnósticos para evaluar la detección de la respiración bucal y su aplicabilidad clínica. Fuente: Elaboración propia.

No.	Método diagnóstico	Descripción	Precisión	Aplicabilidad clínica
m_1	Estudios clínicos	Evaluación directa de pacientes para detectar maloclusiones y alteraciones funcionales mediante inspección visual y pruebas funcionales.	Alta: La evaluación clínica permite la detección inmediata de anomalías orales y posturales. Sin embargo, depende de la experiencia del clínico y no siempre permite cuantificar la severidad de las alteraciones.	Alta: Aplicable en cualquier consulta odontológica, ortodóncica o pediátrica sin necesidad de equipos sofisticados.
m_2	Estudios transversales	Análisis de grandes muestras poblacionales en un momento específico para identificar la prevalencia de maloclusiones y su relación con la respiración bucal.	Media: Permiten establecer relaciones estadísticas entre variables, pero no confirman causalidad.	Media: Son útiles para estudios epidemiológicos y políticas de salud pública, pero tienen poca aplicabilidad en el diagnóstico individual.

No.	Método diagnóstico	Descripción	Precisión	Aplicabilidad clínica
m_3	Metaanálisis	Síntesis de múltiples estudios que evalúan el impacto de la respiración bucal en la postura y el desarrollo craneofacial.	Alta: Integra evidencia de múltiples estudios para obtener conclusiones de mayor alcance y con características generalizables.	Alta: Es una herramienta clave en la generación de guías clínicas y toma de decisiones basadas en evidencia.
m_4	Estudios analíticos	Evaluación estadística de la relación entre la respiración bucal y alteraciones craneofaciales o posturales, con análisis de correlaciones y factores de riesgo.	Alta: Utiliza métodos estadísticos rigurosos, aunque la calidad depende de la selección y control de variables.	Alta: Aporta información relevante para la planificación de tratamientos, pero su implementación depende del acceso a datos poblacionales.
m_5	Estudios observacionales cefalométricos	Análisis de parámetros cefalométricos en radiografías laterales de cráneo para determinar cambios posturales y estructurales en niños con respiración bucal.	Alta: Proporciona mediciones objetivas de estructuras óseas y su relación con la respiración bucal.	Alta: Es un estándar en ortodoncia y diagnóstico postural, aunque requiere equipamiento especializado.
m_6	Estudios retrospectivos	Análisis de registros clínicos previos para evaluar la postura de la cabeza y la ubicación del hueso hioides en niños con respiración bucal.	Media: Puede verse afectado por la calidad de los datos previos y la falta de estandarización en mediciones.	Media: Permite evaluar tendencias en poblaciones, pero no sustituye la evaluación clínica individual.
m_7	Examen clínico extraoral	Observación del perfil subnasal, ángulo nasolabial y pliegue labiomentoniano como indicadores de respiración bucal.	Alta: Permite identificar signos visibles de alteraciones faciales asociadas a la respiración bucal.	Alta: Se realiza en cualquier consulta clínica sin necesidad de equipos.
m_8	Endoscopia nasal	Evaluación de la cavidad nasal mediante endoscopía para detectar hipertrofia adenoidea, desviación del tabique nasal o agrandamiento de amígdalas.	Alta: Proporciona una evaluación directa de la permeabilidad nasal, lo que permite identificar obstrucciones respiratorias.	Alta: Método especializado utilizado en otorrinolaringología, no siempre disponible en clínicas generales.
m_9	Rinometría acústica	Medición del volumen nasal mediante análisis acústico para evaluar la obstrucción respiratoria.	Muy alta: Proporciona datos cuantitativos objetivos sobre el flujo de aire nasal.	Media: Requiere equipamiento especializado y no es un método común en la práctica clínica general.
m_{10}	Espirometría	Evaluación de la función pulmonar para detectar patrones de respiración y alteraciones ventilatorias.	Alta: Mide con precisión el volumen y flujo de aire, pero no distingue entre respiración bucal y nasal.	Media: Se usa en neumología y pediatría, pero no es de rutina en odontología.
m_{11}	Poligrafía respiratoria	Monitoreo del flujo respiratorio y saturación de oxígeno durante el sueño para detectar apnea y patrones de respiración bucal.	Muy alta: Registra variaciones respiratorias en tiempo real, al proporcionar datos objetivos.	Alta: Es el estándar para evaluar trastornos del sueño, pero requiere equipo especializado.
m_{12}	Cefalometría	Análisis radiográfico de estructuras óseas y posición mandibular para determinar alteraciones esqueléticas asociadas a la respiración bucal.	Alta: Permite evaluaciones precisas de la relación craneofacial.	Alta: Es ampliamente utilizado en ortodoncia y cirugía maxilofacial.
m_{13}	Posturografía	Evaluación del equilibrio postural y alineación corporal mediante plataformas de presión.	Media: Identifica cambios posturales, pero puede verse influenciado por otros factores musculoesqueléticos.	Alta: Método útil en rehabilitación y fisioterapia.

No.	Método diagnóstico	Descripción	Precisión	Aplicabilidad clínica
m_{14}	Análisis fotográfico	Evaluación visual de la postura y perfil facial del paciente mediante imágenes seriadas.	Media: Permite comparaciones en el tiempo, pero no proporciona mediciones exactas.	Alta: Fácil de aplicar y accesible en cualquier consulta.
m_{15}	Electromiografía de músculos orofaciales	Análisis de la actividad muscular en labios, lengua y músculos masticatorios para detectar disfunciones musculares asociadas a la respiración bucal.	Alta: Proporciona información objetiva sobre la función muscular orofacial.	Alta: Útil en ortodoncia y rehabilitación, pero requiere equipamiento especializado.

Los métodos diagnósticos de la respiración bucal varían en precisión y aplicabilidad clínica. La evaluación clínica es fundamental como primer paso, pero en casos con sospecha de alteraciones funcionales o estructurales, deben emplearse herramientas más avanzadas como la nasofibroscopia, la rinomanometría y los estudios radiográficos. En situaciones más complejas, la polisomnografía y la capnografía suelen ser necesarias para evaluar el impacto respiratorio sistémico. La combinación de múltiples métodos garantiza un diagnóstico más preciso y una planificación terapéutica adecuada.

Tabla 7: Evaluación multineutrosófica de los métodos diagnósticos (ecuación 6). Fuente: Elaboración propia.

No.	Método de diagnóstico	Precisión	Aplicabilidad clínica	F(S)	
m_1	Estudios clínicos	({0.1,0.5,0.3},{0.4,0.4},{0.6,0.1})	({0.9,0.6,0.8},{0.4,0.2},{0.2,0.3})	0.52	0.74
m_2	Estudios transversales	({0.2,0.5,0.5},{0.2,0.3},{0.6,0.9})	({0.5,0.2,0.1},{0.8,0.9},{0.9,0.6})	0.47	0.22
m_3	Metaanálisis	({0.8,0.8,0.8},{0.3,0.4},{0.2,0.9})	({0.5,0.7,0.9},{0.7,0.4},{0.1,0.6})	0.63	0.60
m_4	Estudios analíticos	({0.3,0.5,0.7},{0.7,0.1},{0.5,0.3})	({0.7,0.2,0.5},{0.7,0.8},{0.3,0.1})	0.57	0.51
m_5	Estudios observacionales cefalométricos	({0.6,0.3,0.7},{0.2,0.8},{0.1,0.5})	({0.4,0.7,0.3},{0.2,0.5},{0.1,0.5})	0.58	0.61
m_6	Estudios retrospectivos	({0.5,0.4,0.1},{0.4,0.6},{0.1,0.6})	({0.3,0.7,0.4},{0.8,0.5},{0.4,0.8})	0.50	0.41
m_7	Examen clínico extraoral	({0.9,0.2,0.8},{0.9,0.4},{0.6,0.1})	({0.2,0.5,0.6},{0.2,0.1},{0.2,0.5})	0.54	0.64
m_8	Endoscopia nasal	({0.9,0.9,0.6},{0.1,0.5},{0.7,0.2})	({0.6,0.5,0.6},{0.8,0.6},{0.5,0.5})	0.68	0.46
m_9	Rinometría acústica	({0.6,0.3,0.8},{0.5,0.4},{0.3,0.2})	({0.3,0.6,0.1},{0.6,0.9},{0.8,0.9})	0.62	0.24
m_{10}	Espirometría	({0.5,0.7,0.1},{0.6,0.6},{0.3,0.1})	({0.5,0.9,0.3},{0.7,0.8},{0.8,0.4})	0.55	0.41
m_{11}	Poligrafía respiratoria	({0.9,0.6,0.2},{0.8,0.1},{0.2,0.2})	({0.7,0.1,0.4},{0.2,0.9},{0.4,0.1})	0.64	0.53
m_{12}	Cefalometría	({0.6,0.5,0.8},{0.3,0.3},{0.6,0.5})	({0.7,0.3,0.9},{0.6,0.5},{0.3,0.3})	0.59	0.59
m_{13}	Posturografía	({0.7,0.2,0.5},{0.7,0.2},{0.5,0.7})	({0.7,0.7,0.3},{0.6,0.6},{0.7,0.6})	0.47	0.44
m_{14}	Análisis fotográfico	({0.1,0.5,0.3},{0.3,0.4},{0.8,0.1})	({0.9,0.8,0.3},{0.4,0.9},{0.6,0.2})	0.50	0.54
m_{15}	Electromiografía de músculos orofaciales	({0.5,0.8,0.7},{0.1,0.5},{0.7,0.4})	({0.3,0.5,0.1},{0.2,0.5},{0.2,0.8})	0.61	0.48

El análisis de los resultados:

1. Existe una relación entre precisión y disponibilidad clínica, mientras que algunos métodos altamente precisos, como la poligrafía respiratoria y la endoscopia nasal, requieren equipos avanzados y especialistas, otros con menor precisión, como el examen clínico extraoral y la cefalometría, son más accesibles y aplicables en la práctica cotidiana.
2. Los estudios clínicos y el examen clínico extraoral constituyen métodos equilibrados que presentan una combinación adecuada entre precisión y aplicabilidad, al convertirse en herramientas útiles para la evaluación de la respiración bucal en niños.
3. Se recomienda una selección combinada, dado que ningún método diagnóstico es completamente infalible, se sugiere el uso de múltiples técnicas complementarias para una evaluación integral, al integrar exámenes clínicos con pruebas instrumentales cuando sea necesario.

Por tanto, un diagnóstico certero depende de seleccionar el método diagnóstico adecuado según el entorno clínico analizado. Inclusive, se encuentra condicionado por los recursos disponibles que tenga la localidad donde se realice el diagnóstico, así como de las necesidades específicas del paciente.

4. Discusión

Los hábitos bucales no fisiológicos han sido identificados como factores predisponentes para la aparición de desalineaciones dentales y alteraciones en el desarrollo mandibular. Estas modificaciones dan lugar a deformidades

dentoesqueléticas y a trastornos oclusales de considerable relevancia clínica. Así mismo, se ha analizado la relación entre la respiración bucal y las alteraciones tanto bucales como posturales, al evidenciar que la respiración bucal tiene un impacto directo en el desarrollo de maloclusiones y anomalías mandibulares [14,24]. Entre las principales alteraciones observadas en niños menores de doce años se han descrito la retracción mandibular, la mordida cruzada, alteraciones en el crecimiento maxilofacial, la protrusión de los labios superior e inferior, la relación de Clase II y el incremento del resalte dental. Por ende, se requiere de la implementación de medidas preventivas dirigidas a mejorar la salud oral en la población pediátrica.

En cuanto a la prevalencia de alteraciones bucales en niños de seis a doce años, diversas investigaciones han identificado la presencia de maloclusiones en un porcentaje significativo de pacientes con respiración bucal [15]. Se ha determinado que estos niños presentan retracción de las mandíbulas superior e inferior, así como una correlación entre la respiración bucal y la debilidad en el cierre labial. Del mismo modo, se ha observado que la prevalencia de maloclusiones en niños con problemas respiratorios nasales es elevada, con predominio de mordida abierta anterior, mordida cruzada posterior y aumento del resalte dental. Estudios complementarios han indicado que un alto porcentaje de niños con respiración bucal presentan algún tipo de maloclusión, al ser la mordida profunda la más frecuente.

Asimismo, se ha identificado una asociación significativa entre los trastornos respiratorios y el desarrollo de mordida cruzada posterior y la relación de Clase II de Angle. De manera similar, se ha establecido que más del setenta por ciento de los niños con respiración bucal presentan maloclusiones, con una mayor prevalencia de mordida cruzada anterior. Inlcuso, la prevalencia de maloclusiones en niños con respiración bucal ha sido estimada en más del ochenta por ciento, al destacar como principales alteraciones la relación de Clase II y el incremento del resalte [16,25].

Por otro lado, las repercusiones posturales de la respiración bucal han sido ampliamente documentadas, se ha señalado que los niños con respiración bucal tienden a adoptar una postura cefálica adelantada, al generar tensión en los músculos extensores del cuello y elongación de los músculos infrahioideos. Esta alteración provoca una tracción inferior y posterior del hueso hioides, lo que repercute en el equilibrio musculoesquelético de la región craneocervical. Se ha encontrado, además, que la respiración bucal en niños de ocho años se asocia con modificaciones en la dimensión transversal de la nasofaringe y, en edades mayores, con posiciones descendentes del hueso hioides. De manera complementaria, se ha evidenciado que los niños con respiración bucal presentan una postura cefálica extendida, acompañada de un desplazamiento inferior del hueso hioides.

Inclusive de estas modificaciones posturales, se ha establecido una relación entre la respiración bucal y las alteraciones en la lordosis cervical. Se han identificado correlaciones positivas entre la respiración bucal y cambios en las medidas posturales, al incluir alteraciones en la curvatura cervical y la distancia cervical. También se han documentado modificaciones en parámetros cefalométricos, al sugerir que la respiración bucal influye directamente en la morfología craneocervical. En este sentido, se ha advertido que las alteraciones posturales en niños con respiración bucal pueden derivar en deformidades esqueléticas severas si persisten a lo largo del tiempo [17].

Estos resultados han demostrado que las modificaciones bucales y posturales en la infancia guardan una estrecha relación con los trastornos respiratorios, en particular con la respiración bucal. Aunque los mecanismos fisiopatológicos de esta relación aún no han sido completamente esclarecidos, se ha propuesto que la obstrucción de las vías respiratorias superiores impide la respiración nasal, al inducir a los pacientes a realizar movimientos mandibulares compensatorios que favorecen el desarrollo de maloclusiones [18]. Asimismo, se ha sugerido que esta obstrucción obliga a adoptar posiciones cefálicas alteradas que inciden en la curvatura cervical.

En cuanto a los métodos de diagnóstico para la detección de la respiración bucal, se ha señalado la necesidad de implementar la evaluación extraoral para identificar anomalías respiratorias en niños [19]. Entre los principales criterios diagnósticos se encuentran el análisis del perfil subnasal, el ángulo nasolabial y el pliegue labiomentoniano. Por otro lado, se ha enfatizado el uso del examen otorrinolaringológico, particularmente mediante el uso de endoscopia nasal, con el fin de evaluar la hipertrofia adenoidea, la clasificación de las amígdalas y la presencia de desviaciones del tabique nasal. No obstante, el análisis multineutrosófico ha determinado que la selección de los métodos diagnósticos se encuentra condicionados por los recursos disponibles que tenga la localidad donde se realice el diagnóstico, así como de las necesidades específicas del paciente. De hecho, el profesional es quien determina la selección de uno o varios métodos diagnósticos a implementar según la muestra analizada. [26]

De igual forma, para el diagnóstico y tratamiento de la respiración bucal y sus consecuencias, resulta imprescindible que los exámenes clínicos ortodóncicos sean realizados por especialistas capacitados, quienes evalúen de manera precisa las variables oclusales. Por tanto, se recomienda la realización de exámenes posturales mediante observación clínica o con herramientas especializadas. En lo que respecta a la detección de la respiración bucal, no se debe depender exclusivamente de la información proporcionada por los padres, sino que se debe incluir una evaluación clínica que permita identificar posibles obstrucciones nasales que contribuyan a la alteración del patrón respiratorio.

Finalmente, en lo que concierne a la prevención y tratamiento temprano de las alteraciones bucales y posturales, se ha destacado que la identificación y corrección temprana de los hábitos nocivos y la respiración bucal son fundamentales para prevenir la desalineación dental y evitar el deterioro progresivo de la oclusión existente. La

intervención oportuna es clave para minimizar las consecuencias adversas en el desarrollo craneofacial y postural, al favorecer una adecuada salud oral y una mejor calidad de vida en la población infantil. De hecho, la implementación de la neutrosofía refinada en el estudio permitió identificar múltiples soluciones de las poblaciones estudiadas a partir estrategias preventivas y de educación identificadas de las múltiples divisiones de la zona L_q. Incluso, se ha propuesto fomentar estudios a futuro que incluyan y analicen el impacto a largo plazo de la respiración bucal en el crecimiento craneofacial y su relación con otras patologías del desarrollo infantil.

5. Conclusión

El estudio ha identificado una relación significativa entre la respiración bucal y las diversas alteraciones bucales y posturales en niños, destacándose las maloclusiones y desajustes musculoesqueléticos. La prevalencia de estas alteraciones ha oscilado entre el 13,6 % y el 88 % según la revisión de las investigaciones analizadas, al evidenciar el impacto de la obstrucción de las vías respiratorias superiores en el desarrollo dentoesquelético y postural. Por tanto, el análisis multineutrosófico ha propuesto realizar una evaluación clínica integral, complementada con exámenes de precisión por profesionales especializados, para detectar obstrucciones nasales, al considerar además el acceso de los pacientes a los servicios de salud. De hecho, las estrategias preventivas y de educación depende de identificar las múltiples divisiones de la zona L_q, cual corresponde a la población o subpoblación analizada. Para ello, se ha propuesto fomentar estudios longitudinales que permitan evaluar el impacto a largo plazo de la respiración bucal en el crecimiento craneofacial y su relación con otras patologías del desarrollo infantil.

Referencias

[1] D.-W. Lee, J.-G. Kim, and Y.-m. Yang, "Influence of mouth breathing on atopic dermatitis risk and oral health in children: A population-based cross-sectional study," *Journal of Dental Sciences,* vol. 16, no. 1, pp. 178-185, 2021/01/01/ 2021. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1991790220301380.

[2] E. Inada, I. Saitoh, Y. Kaihara, and Y. Yamasaki, "Factors related to mouth-breathing syndrome and the influence of an incompetent lip seal on facial soft tissue form in children," *Pediatric Dental Journal,* vol. 31, no. 1, pp. 1-10, 2021. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0917239420300781.

[3] G. Sáenz-Guerrero, R. Pacheco-Santiesteban, M. Soto-Ramos, H. A. Monreal-Romero, and G. Martínez-Mata, "Relationship between maxillary disjunction and level of asthma control in school-aged patients," *Neumología y cirugía de tórax,* vol. 81, no. 1, pp. 19-25, 2022. [Online]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0028-37462022000100019&script=sci_abstract&tlng=en.

[4] D. Feștilă, C. D. Ciobotaru, T. Suciu, C. D. Olteanu, and M. Ghergie, "Oral Breathing Effects on Malocclusions and Mandibular Posture: Complex Consequences on Dentofacial Development in Pediatric Orthodontics," *Children,* vol. 12, no. 1, p. 72, 2025.

[5] A. S. Mohamed *et al.*, "Three-dimensional evaluation of hyoid bone position in nasal and mouth breathing subjects with skeletal Class I, and Class II," *BMC Oral Health,* vol. 22, no. 228, pp. 1-12, 2022. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-022-02257-4.

[6] L. Lyu, Z. Zhao, Q. Tang, J. Zhao, and H. Huang, "Skeletal class II malocclusion caused by mouth breathing in a pediatric patient undergoing treatment by interceptive guidance of occlusion," *Journal of International Medical Research,* vol. 49, no. 6, pp. 1-6, 2021. [Online]. Available: https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/03000605211021037.

[7] D. Debucean, J. Mihaiu, A. M. Maghiar, F. Marcu, and O. A. Marcu, "A multidisciplinary approach to swallowing rehabilitation in patients with forward head posture," *Medicina,* vol. 59, no. 9, p. 1580, 2023. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/1648-9144/59/9/1580.

[8] E. González Caballero, M. Leyva Vázquez, and F. Smarandache, "On neutrosophic uninorms," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 45, no. 2021, pp. 340-348, 2021. [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol45/iss1/22.

[9] T. A. Al-Tamimi, L. A. Al-Swidi, and A. H. Al-Obaidi, "New Concepts in Partner Multineutrosophic Topological Space," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 24, no. 3, p. 172, 2024. [Online]. Available: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A1%3A16610129/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A180913659&crl=c&link_origin=scholar.google.es.

[10] Y. Masutomi, T. Goto, and T. Ichikawa, "Mouth breathing reduces oral function in adolescence," *Scientific reports,* vol. 14, no. 1, p. 3810, 2024. [Online]. Available: https://www.nature.com/articles/s41598-024-54328-x.

[11] P. Festa *et al.*, "Association between upper airway obstruction and malocclusion in mouth-breathing children," *Acta Otorhinolaryngologica Italica,* vol. 41, no. 5, p. 436, 2021. [Online]. Available: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8569668/.

[12] M. Waseem, A. Shaheen, M. Ilyas, W. Hamid, S. Iqbal, and G. Shaikh, "Impact of the mouth breathing occurred during childhood with lordotic changes; An analytic study," *Saudi J Med,* vol. 7, no. 2, pp. 94-98, 2022. [Online]. Available: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/93214343/SJM_72_94-98-libre.pdf?1666978497=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DImpact_of_the_Mouth_Breathing_Occurred_D.pdf&Expires=1743505970&Signature=gKwXzujtItKB1UiMw3hy2PZWe9TBqoljNi9IrLjGt1iHmPlZsGiPGFQmnUXLNriTaCxhgXZBFHkYj

NR5WTrfFmn4Q8dz5Arb5xbmXI1FS2vj4A0DDMxlbTOqPVyEbTi9mKoV1g4dXKPKgDUzZ~hgTuzW24fh3-KTqxdmlqbiT4V8b8-mdPlwhqWk2BcZ6xdeogLXWbQh4ieKMcOKplCukjrYt2xrVEWhQSiuLEaO8cow89jmBHTnqrCZg5fE9E04EzIgWcQJ9tbVPs9lNg79I~x0a~hgArD0UAwDrQukf2JnjKNIWx8PZveFVZt2XYThKJjHhk1Gg035M~ey~9BcWg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA.

[13] S. Jaiswal *et al.*, "Comparative evaluation of the relationship between airway inadequacy, head posture, and craniofacial morphology in mouth-breathing and nasal-breathing patients: A cephalometric observational study," *Cureus,* vol. 15, no. 10, p. e47435, 2023. [Online]. Available: https://www.cureus.com/articles/194883-comparative-evaluation-of-the-relationship-between-airway-inadequacy-head-posture-and-craniofacial-morphology-in-mouth-breathing-and-nasal-breathing-patients-a-cephalometric-observational-study#!/.

[14] Y.-s. ZHENG, X.-s. YUAN, J. JIANG, S.-q. QIU, and Z.-h. SHI, "Recent advances in mouth breathing diagnosis and effects on dento-maxillofacial development in children," *China Journal of Oral and Maxillofacial Surgery,* vol. 22, no. 1, p. 92, 2024. [Online]. Available: https://zgkqhmwk.magtechjournal.com/EN/10.19438/j.cjoms.2024.01.016.

[15] Y. P. S. Gomez, N. de Morais Rockenbach, A. B. de Moraes, E. C. Corrêa, A. M. T. da Silva, and A. R. Busanello-Stella, "Influence of Breathing Modes and Facial Growth Patterns on Electromyographic Fatigue of Masticatory Muscles in Children," *International Archives of Otorhinolaryngology,* vol. 27, no. 04, pp. e672-e679, 2023. [Online]. Available: https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0042-1759606.

[16] Z. Wang, J. Feng, Q. Wang, Y. Yang, and J. Xiao, "Analysis of the correlation between malocclusion, bad oral habits, and the caries rate in adolescents," *Translational Pediatrics,* vol. 10, no. 12, p. 3291, 2021. [Online]. Available: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8753468/.

[17] E. Doğan, G. Ö. Ergican, and S. Doğan, "Maxillary development in patients with unilateral cleft lip and palate compared with individuals having skeletal class I and class III malocclusion," *Journal of Clinical Pediatric Dentistry,* vol. 45, no. 2, pp. 140-145, 2021. [Online]. Available: https://meridian.allenpress.com/jcpd/article-pdf/45/2/140/2821736/i1053-4628-45-2-140.pdf.

[18] L. Borsa, D. Estève, C. Charavet, and L. Lupi, "Malocclusions and oral dysfunctions: A comprehensive epidemiological study on 359 schoolchildren in France," *Clinical and Experimental Dental Research,* vol. 9, no. 2, pp. 332-340, 2023. [Online]. Available: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cre2.719.

[19] L. Xie, Y. Ma, and L. Li, "An experimental clinical study on measurement methods of children's oral respiration," *JOURNAL OF CLINICAL PEDIATRIC DENTISTRY,* vol. 49, no. 1, pp. 136-142, 2025. [Online]. Available: https://oss.jocpd.com/files/article/20250103-398/pdf/JOCPD2024030402.pdf.

[20] Correa-Vaca, A. M., Miralles, C., Márquez-Sánchez, F., & Vergara-Romero, A. "Circular Economy Based on Reverse Logistics: A Systematic Literature Review". Kurdish Studies, vol. 12, num. 1. 2023. Availble: https://www.researchgate.net/profile/Fidel-Marquez-Sanchez/publication/377874532_Circular_Economy_Based_on_Reverse_Logistics_A_Systematic_Literature_Review/links/65bbb6301e1ec12eff690232/Circular-Economy-Based-on-Reverse-Logistics-A-Systematic-Literature-Review.pdf

[21] Von Feigenblatt, O. F. "El retorno del generalista: las humanidades, las artes liberales y la inteligencia artificial". Revista Internacional del Instituto de Pensamiento Liberal, vol. 1, num. 1, pp 37-50, 2024. Availble: https://doi.org/10.51660/ripl.v1i1.9

[22] Estupiñán, C. P., Ortega, R. S., Márquez-Sánchez, F., & Romero, A. V. "Soberanía alimentaria desde la política pública y sus argumentos: Food sovereignty from public policy and its arguments". REVISTA CIENTÍFICA ECOCIENCIA, vol. 8, pp 79-93, 2021. Availble: https://doi.org/10.21855/ecociencia.80.635

[23] López Gutiérrez, J. C., Pérez Ones, I., Estupiñán Ricardo, J., & Ramos Carpio, J. P. "Integrating Neutrosophic Theory into Regression Models for Enhanced Prediction of Uncertainty in Social Innovation Ecosystems". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp 18, 2024. Availble: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol71/iss1/18/

[24] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025. Availble: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-9881-0_7

[25] Sánchez, F. M. "¿ Qué universidad necesitamos para enfrentar los retos del desarrollo?". Revista Uniandes Episteme, vol. 11, num. 3, pp. 305-307, 2024. Availble: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9948108.pdf

[26] von Feigenblatt Rojas, O. F. "Presentación del campo emergente de la Diplomacia Académica". Revista Universidad y Sociedad, vol. 15, num. 2, pp. 316-325, 2023. Availble: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202023000200316&script=sci_arttext

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 22, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Aplicación de lógica difusa neutrosófica en la evaluación de factores de riesgo de diabetes tipo II

Application of neutrosophic fuzzy logic in the assessment of risk factors for type II diabetes

Julio Rodrigo Morillo Cano[1], Sebastian Jacob Haro Salazar [2], and Richard Stalyn Collaguazo Pupiales [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. ut.juliomorillo@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. et.sebastianjhs84@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Tulcán. Ecuador. et.richardscp50@uniandes.edu.ec

Resumen. Se realizó un estudio de investigación con el propósito de analizar la prevalencia de diabetes mellitus tipo II en adultos mayores, identificando sus principales factores de riesgo a través de una revisión bibliográfica sistemática y la aplicación de lógica difusa compensatoria con números neutrosóficos. La revisión incluyó artículos científicos publicados entre 2018 y 2023, seleccionados mediante la metodología PRISMA de bases de datos como PubMed, Scopus, SciELO y Google Scholar. Posteriormente, los factores de riesgo más relevantes fueron evaluados lingüísticamente y procesados utilizando herramientas de lógica difusa neutrosófica para obtener valores de verdad representativos. Entre los hallazgos más destacados, los factores influyentes fueron la dieta poco saludable, el sedentarismo, la obesidad, el tabaquismo y la edad avanzada. También se consideraron variables externas como el aislamiento social y el acceso limitado a servicios sanitarios y espacios seguros para la actividad física. El análisis de lógica difusa permitió una representación más precisa de la incertidumbre inherente a los juicios de expertos al integrar escalas lingüísticas con valores numéricos neutrosóficos. Se llegó a la conclusión de que la diabetes tipo II en adultos mayores supone una amenaza cada vez mayor para los sistemas sanitarios debido a su elevada prevalencia y a los múltiples factores interrelacionados. La aplicación de herramientas basadas en la lógica difusa neutrosófica demostró ser útil para apoyar el diagnóstico y la toma de decisiones clínicas, especialmente en contextos con información incompleta o ambigua. Reforzar las estrategias preventivas y personalizadas.

Palabras clave: Hiperglucemia crónica, ancianos, factores predisponentes, neutrosofía, lógica difusa.

Abstract. A research study was conducted with the purpose of analyzing the prevalence of type II diabetes mellitus in older adults, identifying its main risk factors through a systematic literature review and the application of compensatory fuzzy logic with neutrosophic numbers. The review included scientific articles published between 2018 and 2023, selected using the PRISMA methodology from databases such as PubMed, Scopus, SciELO, and Google Scholar. Subsequently, the most relevant risk factors were linguistically evaluated and processed using neutrosophic fuzzy logic tools to obtain representative truth values. Among the most prominent findings, influential factors included unhealthy diet, sedentary lifestyle, obesity, smoking, and advanced age. External variables such as social isolation and limited access to healthcare services and safe spaces for physical activity were also considered. The fuzzy logic analysis allowed for a more accurate representation of the uncertainty inherent in expert judgments by integrating linguistic scales with neutrosophic numerical values. It was concluded that type II diabetes in older adults poses an increasing threat to healthcare systems due to its high prevalence and multiple interrelated factors. The application of tools based on neutrosophic fuzzy logic proved to be useful in supporting diagnosis and clinical decision-making, especially in contexts with incomplete or ambiguous information. Strengthening preventive and personalized strategies that take into account both individual and contextual factors was recommended.

Keywords: Chronic hyperglycemia, elderly, predisposing factors, neutrosophy, fuzzy logic.

1. Introducción

La diabetes mellitus (DM) es actualmente una enfermedad con una elevada prevalencia a nivel mundial. En el año 2017 se estimó que la padecía hasta un 8,4% de la población mundial. Debido al gran número de pacientes que padecen la enfermedad, a las complicaciones asociadas, la reducción de la calidad de vida y su alta tasa de mortalidad, la diabetes genera un alto impacto socioeconómico [1].

La diabetes mellitus tipo II (DM2) es una enfermedad metabólica crónica caracterizada por una resistencia a la insulina o por una producción insuficiente de esta hormona, lo que ocasiona niveles elevados de glucosa en la sangre. A diferencia de la diabetes tipo I, que suele aparecer en la infancia y es autoinmune, la tipo II se desarrolla principalmente en adultos, aunque cada vez es más frecuente en jóvenes debido al aumento del sedentarismo y la obesidad [2]. Esta enfermedad puede mantenerse controlada con cambios en el estilo de vida, medicamentos orales y, en algunos casos, insulina, pero si no se trata adecuadamente puede derivar en complicaciones graves como enfermedades cardiovasculares, daño renal, neuropatías y ceguera [3].

La incidencia de la DM2 ha crecido de forma alarmante a nivel mundial, convirtiéndose en uno de los mayores retos de salud pública del siglo XXI. Según la Organización Mundial de la Salud, se estima que más de 537 millones de adultos viven con diabetes, y esta cifra podría alcanzar los 643 millones en 2030. En América Latina, el crecimiento también es preocupante, con países como México y Brasil liderando en número de casos, mientras que en Ecuador, el Ministerio de Salud Pública ha reportado que la diabetes es una de las principales causas de mortalidad y hospitalización, con un aumento sostenido en los últimos años, especialmente en zonas urbanas [4].

En este escenario, el uso de enfoques como la lógica difusa compensatoria resulta especialmente relevante para el estudio y manejo de la DM2. A través de reglas lingüísticas y grados de pertenencia, la lógica difusa permitirá tomar decisiones más cercanas a la realidad clínica, considerando la variabilidad individual y facilitando diagnósticos tempranos y personalizados. Esto la convierte en una herramienta poderosa para apoyar políticas públicas de salud y sistemas de alerta médica en lugares donde los datos pueden ser incompletos o ambiguos.

2. Material y Métodos

2.1 Descripción de la metodología

En la presente revisión sistemática de la literatura científica se empleó la metodología PRISMA para examinar los estudios publicados entre 2018 y 2023. Se revisaron 27 artículos científicos obtenidos a través de una búsqueda electrónica en diversas bases de datos: Pubmed, Scopus, Scielo, Google académico, Google Scholar, y que se seleccionaron a través de los siguientes criterios.

.**Criterios de inclusión:**

a) Artículos publicados dentro del periodo: 2018-2023.
b) Artículos con acceso a su resumen o todo el contenido de fuentes confiables.
c) Artículos publicados en revistas científicas de alto impacto para el estudio.
d) Artículos que contengan información relacionada con el presente tema de investigación.
e) Artículos redactados en inglés o español francés.

Criterios de exclusión:

a) Artículos que no permiten el acceso a su contenido.
b) Artículos que no son relevantes ni prestan utilidad para el tema de investigación.
c) Artículos publicados fuera del periodo establecido (2018-2023).

2.2 Lógica Difusa Compensatoria con números neutrosóficos

La teoría de la neutrosofía en este caso, la inclusión de esta teoría enriquece las posibilidades del análisis complementando los valores expuestos en la tabla 1. Lo cual se debe a, principalmente, dos cuestiones, en primer lugar, la adición de la noción de indeterminación y, en segundo lugar, la posibilidad de calcular utilizando términos lingüísticos. Por tal motivo, se decide optar por una fusión de ambas técnicas y ejecutar el estudio a través del empleo del LCD neutrosófica. [5-6]

Definición 1. Sea X un universo de discurso. Un Conjunto Neutrosófico (CN) está caracterizado por tres funciones de pertenencia, $u_A(x), r_A(x), v_A(x): X \rightarrow]^-0,1^+[$, que satisfacen la condición $-0 \leq inf u_A(x) + inf r_A(x) + inf v_A(x)\ sup\ u_A(x) + sup\ \ r_A(x) + \sup v_A(x) \leq 3^+$ para todo $x \in X$. $u_A(x), r_A(x)\ y\ v_A(x)$ denotan las funciones de pertenencia a verdadero, indeterminado y falso de x en A, respectivamente, y sus imágenes son subconjuntos estándares o no estándares de $]^-0,1^+[$ [17].

Definición 2. Sea X un universo de discurso. Un Conjunto Neutrosófico de Valor Único (CNVU) A sobre X es un objeto de la forma:

$$A = \{\langle x, u_A(x), r_A(x), v_A(x)\rangle : x \in X\} \quad (1)$$

Donde $u_A, r_A, v_A: X \rightarrow [0,1]$, satisfacen la condición $0 \leq u_A(x), r_A(x), v_A(x) \leq 3\ \ 0$ para todo $x \in X$. $u_A(x), r_A(x)\ y\ v_A(x)$ denotan las funciones de pertenencia a verdadero, indeterminado y falso de x en A, respectivamente. Por cuestiones de conveniencia un Número Neutrosófico de Valor Único (NNVU) será expresado como A = (a, b, c), donde a, b, c ∈ [0,1] y satisface 0 ≤ a + b + c ≤ 3.

Los CNVU surgieron con la idea de aplicar los conjuntos neutrosóficos con fines prácticos. Algunas operaciones entre NNVU se expresan a continuación:

1. Dados $A_1 = (a_1, b_1, c_1)$ y $A_2 = (a_2, b_2, c_2)$ dos NNVU se tiene que la suma entre A_1 y A_2 se define como:

$$A_1\ A_2 = (a_1 + a_2 - a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2) \quad (2)$$

2. Dados A1 = (a1, b1, c1) y A2 = (a2, b2, c2) dos NNVU se tiene que la multiplicación entre A1 y A2 se define como:
$$A_1\ A_2 = (a_1a_2, b_1{+}b_2 - b_1b_2, c_1 + c_2 - c_1c_2) \quad (3)$$
3. El producto por un escalar positivo con un NNVU, A = (a, b, c) se define por:
$$A = (1 - (1 - a), b, c) \quad (4)$$
4. Sea $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ un conjunto de n NNVU, donde $A_j = (a_j, b_j, c_j)$ (j = 1, 2, …, n), entonces el Operador de *Media Ponderada Neutrosófica de Valor Único* (MPNVU) sobre el conjunto se calcula por la Ecuación siguiente:
$$\rangle\ \lambda_i A_i = \lceil\ 1 - \lceil\ \lceil (1 - a_i)^{\wedge j}, \lceil\ \lceil b_i^{\lambda j}, \lceil\ \lceil c_i^{\lambda j},\ \rceil \quad (5)$$

Donde λ_j es el peso de Aj, $\lambda_j \in [0, 1]$ y $\sum_{j=1}^{n} = 1$.

En este artículo se asociarán términos lingüísticos con NNVU, de tal manera que los expertos puedan llevar a cabo sus evaluaciones en términos lingüísticos, lo que resulta más natural. Por tanto, se tendrán en cuenta las escalas que se muestran en la tabla 2.

Tabla 1: Evolución de la escala de las variables lingüísticas difusas a las neutrosóficas

Valor de verdad	Categoría	NNVU
0	Falso	(0,1,1)
0.1	Casi falso	(0.10,0.90,0.90)
0.2	Bastante falso	(0.20,0.85,0.80)
0.3	Algo falso	(0.30,0.75,0.70)
0.4	Más falso que verdadero	(0.40,0.65,0.60)
0.5	Tan verdadero como falso	(0.50,0.50,0.50)
0.6	Más verdadero que falso	(0.60,0.35,0.40)
0.7	Algo verdadero	(0.70,0.25,0.30)
0.8	Bastante verdadero	(0.8,0,15,0.20)
0.9	Casi verdadero	(0.9, 0.1, 0.1)
1	Verdadero	(1,0,0)

Para convertir números neutrosóficos en números nítidos se utilizará la siguiente ecuación:
$$s(V) = 2 + T - F - I \quad (6)$$

La Lógica difusa compensatoria utiliza operadores matemáticos que garantizan la combinación efectiva de elementos intangibles valorados a través de expertos, considerando escalas categoriales de veracidad, con información cuantitativa, que aporta valores de verdad a través de predicados definidos convenientemente a partir de tal información:

Tabla 2: Presentación de los operadores matemáticos en lógica de predicados de la LCD.

Operadores	Lógica de predicados
Conjunción	(and), c, ∧
Disyunción	(or), d, ∨
Orden estricto difuso	(o)
Negación	(not)

Van de [0,1] n en [0,1], o va de [0,1] 2 en [0,1] y n de [0,1]. Lo cual satisface los axiomas siguientes:

1. mín {x1, x2, ⋯, xn} ≤ d(x1, x2, ⋯, xn) ≤ máx {x1, x2, ⋯, xn} (Propiedad de Compensación).
2. $d(x_1, x_2, \cdots, x_n) = d(x_1, x_2, \cdots, x_n)$ (Propiedad de Conmutatividad o Simetría).
3. Si $x_1 = y_1$, $x_2 = y_2$, ⋯, $x_i{-}1 = y_i{-}1$, $x_i{+}1 = y_i{+}1$, ⋯, $x_n = y_n$, tal que ninguno es cero, y xi > y_i, entonces $d(x_1, x_2, \cdots, x_n) > d(y_1, y_2, \cdots, y_n)$ (Propiedad de Crecimiento Estricto)
4. Si x i = 1 para algún i, entonces $d(x_1, x_2, \cdots, x_n) = 1$ (Propiedad de Veto)
5. $c(x_1, x_2, \cdots, x_n) = d(x_1, x_2, \cdots, x_n) = x$ (Propiedad de Idempotencia)

El coeficiente de variación (Cv) de los predicados se calculará mediante la ecuación 5 aplicando criterios estadísticos de decisión acorde a los siguientes parámetros:

- Si Cv ≥0.20, tomar el valor modal (calificación dada por los expertos que más se repite en el rango analizado)
- Si Cv <0.20, tomar el valor de la media aritmética (calificación promedio de los expertos)

$$Cv = \frac{S}{X_{med}} \quad (7)$$

Donde S: Desviación típica de los datos y X_{med}: Media de los datos

3. Resultados

Se utilizó una matriz de revisión de la literatura en la que las filas representen artículos que forman la base de evidencia. También sinteticen y analicen la incidencia y los factores de riesgo de la diabetes tipo II en adultos mayores. Esta es un área de investigación en desarrollo que tiene implicaciones significativas para la salud pública. Los resultados se exponen según los parámetros de selección definidos en la metodología, en consonancia con las etapas del método PRISMA, detalladas en la figura 1 y la tabla 3.

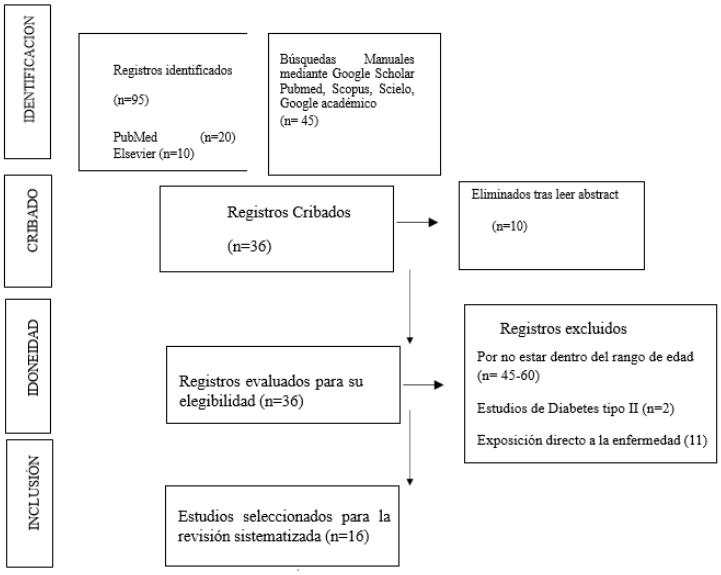


Figura 1: Diagrama de Flujo PRISMA.

Tabla 3: Resumen de la revisión bibliográfica. Nota: elaboración propia.

No.	Título	Objetivos	Resultados	Limitaciones e Implicación
1	**Estudio de casos y controles sobre factores de riesgo de diabetes mellitus tipo 2 en adultos mayores [7].**	Se encontró que factores de riesgo como la dieta y el tabaquismo estaban asociados con una mayor prevalencia de DM2, lo que sugiere que se los consideraba factores de riesgo, mientras que la asociación con el sobrepeso o la obesidad no fue estadísticamente significativa.	La prevalencia de la diabetes tipo 2 en adultos mayores es alta y en aumento. Factores como la edad avanzada, la obesidad, la inactividad física y la predisposición genética contribuyen a su desarrollo. La gestión implica cambios en el estilo de vida, medicamentos y monitoreo regular para prevenir complicaciones graves. Es necesario abordar esta condición en la población de adultos mayores para mejorar su calidad de vida y prevenir complicaciones de salud adicionales.	Factores de riesgo La dieta y el tabaquismo se asociaron con una mayor incidencia de DM2, lo que sugiere que se consideraron factores de riesgo para su uso en estudios de casos y controles.
2	**La actividad física para el desarrollo la calidad de vida de adultos mayores con diabetes TIPO II [8].**	Determinar el efecto de la actividad física en la mejora de la calidad de vida de los adultos mayores con diabetes tipo II	Se determinó que se deben aplicar planes estratégicos, dependiendo de las características de las personas, que permitan la actividad física en los adultos mayores con el fin de aumentar la calidad de vida de los individuos con el fin de disminuir la mortalidad a causa de diabetes tipo II	Representatividad de la diversidad de opiniones en diabetes tipo II

No.	Título	Objetivos	Resultados	Limitaciones e Implicación
3	**Complicaciones crónicas de la diabetes mellitus tipo II en adultos mayores [9].**	Caracterizar el comportamiento de las complicaciones crónicas de la diabetes mellitus tipo II que se representa sus diferentes complicaciones de forma simultánea a causa de esta enfermedad, así como identificar los factores de riesgo asociados con esta enfermedad en esta población específica	La descripción de la prevalencia de la diabetes en el adulto mayor se centra en la incidencia de esta enfermedad crónica en la población de personas mayores de 65 años. La diabetes es una afección metabólica caracterizada por niveles elevados de azúcar en la sangre debido a la resistencia a la insulina o a la producción insuficiente de esta hormona por el páncreas.	Se observó que los niveles de depresión en estos pacientes son significativos, lo cual está en línea con los resultados de revisiones realizadas por investigadores estadounidenses. Se evidencia que alrededor del 10% de las personas con diabetes mellitus tienen un desorden depresivo significativo, lo cual tiene un impacto negativo en la calidad de vida de los pacientes.
4	**Factores de riesgo asociados con la diabetes mellitus tipo 2 en adultos mayores [10].**	Describir los factores de riesgo asociados a esta patología,	La DM2 se asocia con la presencia de sedentarismo la falta de ejercicio OR: con la presencia del antecedente familiar se asocian con un gran porcentaje a una mayor ocurrencia de la DM2 en la población adulta mayor a estudiar.	Las investigaciones muestran que la edad avanzada se asocia con una mayor incidencia de factores de riesgo de diabetes tipo 2, como la obesidad, la falta de actividad física y la resistencia a la insulina. Esto aumenta la vulnerabilidad del grupo a las enfermedades.
5	**Relación entre hipertensión arterial y deterioro cognitivo en diabetes tipo 2 en el adulto mayor [11].**	Determinación de la relación entre hipertensión arterial y diabetes tipo 2 y deterioro cognitivo en adultos mayores.	Se encontró relación estadísticamente significativa entre la puntuación obtenida con las variables edad, sexo, nivel socioeconómico	Es importante que la atención médica en este grupo de edad facilite el control y la adherencia al tratamiento, ya sea de enfermedades no transmisibles o evaluación mental, derivación oportuna y estimulación cognitiva facilitada.
6	**Estrategia educativa dirigida a adultos mayores diabéticos tipo 2 y proveedores de salud [12].**	Brindar atención primaria a adultos mayores con diabetes tipo II mejorando la conciencia y el manejo de la enfermedad, el cambio de actitud, el entrenamiento conductual y el desarrollo de habilidades para la vida para llegar a prevenir esta enfermedad crónica que cada año adquieren millones de personas.	La base teórica es la estrategia educativa, incluidos los componentes o categorías de su implementación. Desde una perspectiva objetivo, estas acciones pueden ayudar a mejorar los programas de educación de que es la diabetes en el primer nivel de atención primaria.	Los profesores y administradores tienen una formación limitada en el contenido teórico y práctico de la promoción y educación de la salud, y las tecnologías educativas disponibles en la educación diabética de adultos son limitadas.
7	**Asociación entre diabetes mellitus tipo 2, historia familiar de diabetes y deterioro cognitivo en adultos mayores chilenos [13].**	Analizar la relación existente entre la diabetes mellitus tipo II y el deterioro cognitivo en adultos mayores chilenos.	La muestra seleccionada comprende a todos los participantes mayores de diferentes edades que padecen diabetes tipo II. Esto se debe a que son más comunes los adultos mayores que no realizan actividad física, ya sea que no tengan apoyo familiar, estén completamente abandonados o vivan en una situación vulnerable de calle.	Falta de sistemas de calidad para monitorear el impacto de las actividades del programa de educación diabética.
8	**Percepción de la calidad de vida en pacientes adultos**	Evaluación de la calidad de vida percibida en pacientes	La prevalencia de actividad física el ejercicio es mucho	Es necesario establecer una

No.	Título	Objetivos	Resultados	Limitaciones e Implicación
	mayores con diabetes mellitus tipo II [14].	ancianos con diabetes tipo II.	menor en los diferentes adultos mayores que interrumpen el tratamiento y sea por dificultad económica por la accesibilidad a la salud, lo que resulta en una progresión progresiva de la enfermedad.	estrategia coordinada entre diversos sectores de la sociedad para mejorar la calidad de vida de los adultos mayores afectados por enfermedades crónicas como la diabetes mellitus tipo II.
9	**Dependencia funcional y diabetes mellitus tipo 2 en adultos mayores afiliados al Seguro Social de Salud del Perú: análisis de la ENSSA-2015-2022 [15].**	Estimar la prevalencia de dependencia funcional y evaluar su asociación con la diabetes mellitus tipo 2 (DM) en adultos mayores.	La prevalencia de dependencia funcional parcial o severa en adultos mayores que actualmente padecen diabetes tipo II.	Las personas mayores reportaron una prevalencia mayor que la nuestra; Sin embargo, tienen ciertas limitaciones importantes ya sea por su edad o por su condición física.
10	**Prevalencia de diabetes mellitus y sus complicaciones en adultos mayores en un centro de referencia. Año. 2020 [16].**	Establecer la prevalencia de DM2 y sus complicaciones crónicas en el adulto mayor.	Los factores que sugieren diabetes tipo 2 en adultos mayores incluyen sobrepeso, obesidad, presión arterial alta, colesterol alto y falta de actividad física. La incidencia de DM2 en adultos mayores se asocia con la aparición de complicaciones de estas enfermedades crónicas. Porque tardan más en desarrollarse y ocurren con mayor frecuencia, lo que los convierte en un grave problema de salud pública.	Una de las enfermedades crónicas no transmisibles más prevalentes del adulto mayor es la Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2). En este grupo poblacional la DM2 se asocia a pérdida de funcionalidad, reducción de masa muscular, aumento de comorbilidades y muerte prematura, afectando significativamente la calidad de vida especialmente en el adulto mayor.

3.1 Descripción de los artículos utilizados para la investigación

1. Sánchez Martínez et al. (2020) realizaron un estudio de casos y controles para identificar los factores de riesgo asociados a la diabetes tipo 2 en adultos mayores. Se concluyó que la dieta y el tabaquismo son factores significativamente asociados a la enfermedad, mientras que el sobrepeso u obesidad no mostró una relación estadísticamente significativa. El estudio, de carácter observacional, destacó la alta y creciente prevalencia de DM2 en esta población, subrayando la necesidad de intervenciones para mejorar la calidad de vida de los adultos mayores afectados.
2. Solórzano y Vargas (2019) analizaron cómo la actividad física influye en la calidad de vida de adultos mayores con diabetes tipo 2. Su estudio cualitativo, descriptivo e interpretativo concluyó que se deben aplicar planes estratégicos personalizados que fomenten la actividad física para disminuir la mortalidad por DM2. El cuestionario estructurado permitió recabar información sobre condiciones sociodemográficas y hábitos de vida, revelando la importancia de promover el ejercicio regular en este grupo etario.
3. Hodelín Maynard (2018) investigó las complicaciones crónicas de la DM2 en adultos mayores, identificando a la neuropatía diabética como la más frecuente. El estudio mostró que las personas con DM2 tienden a experimentar múltiples complicaciones de manera simultánea, y que existe una alta prevalencia de trastornos depresivos en esta población, lo cual impacta negativamente en su calidad de vida.
4. Martínez et al. (2022) llevaron a cabo un estudio retrospectivo y analítico en el que se relacionaron los malos hábitos alimenticios, el sedentarismo y los antecedentes familiares con una mayor incidencia de DM2 en adultos mayores. Con base en 628 pacientes, se identificaron factores como la edad avanzada y la inactividad física como determinantes clave en el desarrollo de la enfermedad.
5. Chandía Reyes y Luengo Martínez (2019) exploraron la relación entre la diabetes tipo 2, la hipertensión arterial y el deterioro cognitivo en adultos mayores. Utilizando un diseño experimental y aplicando el cuestionario MMSE, encontraron una relación significativa entre estas variables, resaltando la importancia de integrar la evaluación mental en la atención médica geriátrica.
6. Casanova Moreno et al. (2018) propusieron una estrategia educativa dirigida a adultos mayores diabéticos

tipo 2 y sus proveedores de salud, con el fin de mejorar la conciencia sobre la enfermedad y promover habilidades para su manejo. El estudio mixto mostró que los programas educativos en el primer nivel de atención son fundamentales, aunque enfrentan limitaciones como la escasa formación docente en temas de salud.

7. Petermann et al. (2018) analizaron la asociación entre la DM2, la historia familiar de diabetes y el deterioro cognitivo en adultos mayores chilenos. A través de un estudio cuanti-cualitativo, se observó que las condiciones socioeconómicas y la falta de apoyo familiar están vinculadas con una mayor vulnerabilidad cognitiva y física en esta población.
8. Almaguer et al. (2019) evaluaron la percepción de la calidad de vida en adultos mayores con DM2. A través de una investigación-acción participativa, identificaron que la falta de recursos económicos y de acceso a la salud afecta la adherencia al tratamiento, lo que lleva al deterioro progresivo de la salud. Los pacientes reconocieron que su enfermedad impacta significativamente en su calidad de vida.
9. Ramírez-Ramírez y Soto-Becerra (2020) estudiaron la relación entre DM2 y la dependencia funcional en adultos mayores del Seguro Social de Salud del Perú. Encontraron una alta prevalencia de dependencia funcional parcial o severa en esta población, sugiriendo la necesidad de atención médica diferenciada que considere las limitaciones físicas y la edad.
10. Víctor, Mery y Elisa (2020) examinaron la prevalencia de DM2 y sus complicaciones en adultos mayores atendidos en un centro de referencia. Identificaron factores como obesidad, hipertensión y colesterol alto como detonantes, así como complicaciones microvasculares y macrovasculares. Se subrayó la gravedad del pie diabético, la retinopatía y la nefropatía, además del impacto psicológico como la depresión.

La diabetes tipo II es una afección persistente que representa un reto considerable para la salud pública, especialmente en personas de edad avanzada. Este análisis evidencia el incremento continuo en la frecuencia de esta condición, lo que resalta la apremiante necesidad de enfrentar este asunto sanitario de manera eficiente. Uno de los resultados más relevantes es la relación entre el proceso de envejecimiento y el aumento sostenido de la diabetes tipo II. La carga asociada a esta patología sigue creciendo conforme se incrementa la proporción de adultos mayores a nivel mundial, lo cual enfatiza la relevancia de comprender los procesos biológicos del envejecimiento que influyen en su aparición [17].

El sobrepeso excesivo y la falta de actividad corporal se identifican como elementos de riesgo destacados para el desarrollo de la diabetes tipo II, y la revisión reafirma su peso específico en las personas mayores. La tasa de obesidad dentro de este sector etario continúa siendo elevada, lo que intensifica aún más la probabilidad de padecer esta dolencia. Por consiguiente, las estrategias enfocadas en fomentar el ejercicio regular y la reducción de peso podrían ser claves tanto para la prevención como para el abordaje terapéutico de esta condición en adultos mayores.

Asimismo, la coexistencia de otras patologías crónicas en esta población, como la presión arterial alta o baja y las afecciones del sistema cardiovascular, agrava la complejidad del manejo de la diabetes tipo II. Regular estos elementos de riesgo también resulta esencial para minimizar la probabilidad de complicaciones en este grupo especialmente frágil [18].

4. Aplicación de la Lógica Difusa Compensatoria con números neutrosóficos

Con la revisión de la bibliografía y el análisis posterior, se pudo obtener la información para aplicar el método de LDC. Los expertos consultados fueron personas de experiencia en el manejo al paciente diabético, a continuación se describe el procedimiento realizado.

Predicados simples y compuestos y sus expresiones de cálculo:

Diabetes Mellitus Tipo II	$DM(X) = FI(X) \wedge FA(X)$
Factores Internos	$FI(X) = FB_{1-4}(X) \wedge EV_{1-3}(X)$
Factores Externos	$FE(X) = FA_{1-3}(X) \wedge FPs_{1-2}(X)$
Factores Biológicos	$FB_{1-4}(X) = FB_1(X) \wedge FB_2(X) \wedge FB_3(X) \wedge FB_4(X)$
Estilos de vida	$EV_{1-3}(X) = EV_1(X) \wedge EV_2(X) \wedge EV_3(X)$
Factores Ambientales	$FA_{1-3}(X) = FA_1(X) \wedge FA_2(X) \wedge FA_3(X)$
Factores Psicosociales	$FPs_{1-3}(X) = FPs_1(X) \wedge FPs_2(X)) \wedge FPs_3(X)$
$FB_1(X)$	Historia familiar de diabetes
$FB_2(X)$	Resistencia a la insulina
$FB_3(X)$	Edad avanzada
$FB_4(X)$	Obesidad y sobre peso
$EV_1(X)$	Dieta poco saludable
$EV_2(X)$	Sedentarismo
$EV_3(X)$	Tabaquismo y/o alcoholismo
$FA_1(X)$	Contaminación ambiental
$FA_2(X)$	Acceso Limitado a espacios seguros para hacer ejercicios
$FA_3(X)$	Oferta local de alimentos poco saludables

$FPs_1(X)$	Aislamiento Social
$FPs_2(X)$	Pérdida de redes de apoyo
$FPs_3(X)$	Acceso limitado a los servicios de salud

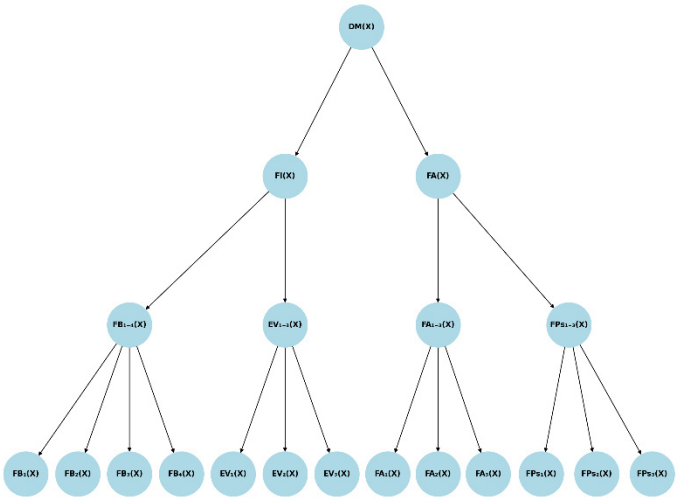


Figura 2: Árbol de predicados. Nota: elaboración propia.

Tabla 4: Evaluación de los expertos del grupo 1.

Predicados Simples	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
$FB_1(X)$	(0.8;0.15;0.2)	(0.8;0.15;0.2)	(1; 0;0)	(0.8;0.15;0.2)	(0.9;0.1;0.1)
$FB_2(X)$	(0.6;0.35;0.4)	(0.6;0.35;0.4)	(0.6;0.35;0.4)	(0.9;0.1;0.1)	(0.6;0.35;0.4)
$FB_3(X)$	(0.7;0.25;0.3)	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)	(0.7;0.25;0.3)
$FB_4(X)$	(0.9;0.1;0.1)	(1;0;0)	(1;0;0)	(1;0;0)	(0.6;0.35;0.4)
$EV_1(X)$	(1;0;0)	(1;0;0)	(1;0;0)	(1;0;0)	(0.9;0.1;0.1)
$EV_2(X)$	(1;0;0)	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)	(1;0;0)	(1;0;0)
$EV_3(X)$	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)	(1;0;0)	(1;0;0)	(0.9;0.1;0.1)
$FA_1(X)$	(0.9;0.1;0.1)	(0.7;0.25;0.3)	(0.7;0.25;0.3)	(0.7;0.25;0.3)	(0.6;0.35;0.4)
$FA_2(X)$	(0.9;0.1;0.1)	(0.7;0.25;0.3)	(0.7;0.25;0.3)	(0.8;0.15;0.2)	(0.6;0.35;0.4)
$FA_3(X)$	(0.7;0.25;0.3)	(0.7;0.25;0.3)	(0.8;0.15;0.2)	(0.6;0.35;0.4)	(0.6;0.35;0.4)
$FPs_1(X)$	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)	(0.7;0.25;0.3)	(0.4;0.65;0.6)	(0.4;0.65;0.6)
$FPs_2(X)$	(0.7;0.25;0.3)	(0.3;0.75;0.7)	(0.2;0.85;0.8)	(0.6;0.35;0.4)	(0.3;0.75;0.7)
$FPs_3(X)$	(0.6;0.35;0.4)	(0.7;0.25;0.3)	(0.2;0.85;0.8)	(0.7;0.25;0.3)	(0.6;0.35;0.4)

Tabla 5: Evaluación de los expertos grupo 2

Predicados simples	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
$FB_1(X)$	(0.8;0.15;0.2)	(0.8;0.15;0.2)	(0.8;0.15;0.2)	(0.6;0.35;0.4)	(0.8;0.15;0.2)
$FB_2(X)$	(0.6;0.35;0.4)	(1;0;0)	(0.6;0.35;0.4)	(0.9;0.1;0.1)	(0.6;0.35;0.4)
$FB_3(X)$	(0.5;0.5;0.5)	(0.9;0.1;0.1)	(0.8;0.15;0.2)	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)
$FB_4(X)$	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)	(0.8;0.15;0.2)	(0.8;0.15;0.2)
$EV_1(X)$	(1;0;0)	(1;0;0)	(0.9;0.1;0.1)	(1;0;0)	(1;0;0)
$EV_2(X)$	(1;0;0)	(0.9;0.1;0.1)	(0.8;0.15;0.2)	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)
$EV_3(X)$	(0.7;0.25;0.3)	(0.7;0.25;0.3)	(0.7;0.25;0.3)	(0.6;0.35;0.4)	(1;0;0)
$FA_1(X)$	(0.7;0.25;0.3)	(0.9;0.1;0.1)	(0.7;0.25;0.3)	(0.9;0.1;0.1)	(0.7;0.25;0.3)
$FA_2(X)$	(0.8;0.15;0.2)	(1;0;0)	(0.7;0.25;0.3)	(0.7;0.25;0.3)	(0.7;0.25;0.3)
$FA_3(X)$	(1;0;0)	(0.8;0.15;0.2)	(0.9;0.1;0.1)	(0.8;0.15;0.2)	(0.9;0.1;0.1)
$FPs_1(X)$	(0.6;0.35;0.4)	(0.6;0.35;0.4)	(0.9;0.1;0.1)	(0;1;1)	(0.5;0.5;0.5)
$FPs_2(X)$	(0.9;0.1;0.1)	(1;0;0)	(1;0;0)	(1;0;0)	(1;0;0)

Predicados simples	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
$FPs_3(X)$	(0.7;0.25;0.3)	(0.6;0.35;0.4)	(0.6;0.35;0.4)	(0.6;0.35;0.4)	(0.6;0.35;0.4)

Tabla 6: Evaluación de los expertos grupo 3

Predicados Simples	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
$FB_1(X)$	(0.9;0.1;0.1)	(0.8;0.15;0.2)	(0.8;0.15;0.2)	(0.8;0.15;0.2)	(0.7;0.25;0.3)
$FB_2(X)$	(0.7;0.25;0.3)	(0.7;0.25;0.3)	(0.7;0.25;0.3)	(0.8;0.15;0.2)	(0.7;0.25;0.3)
$FB_3(X)$	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)	(0.7;0.25;0.3)	(0.7;0.25;0.3)
$FB_4(X)$	(0.8;0.15;0.2)	(0.8;0.15;0.2)	(0.8;0.15;0.2)	(0.8;0.15;0.2)	(0.5;0.5;0.5)
$EV_1(X)$	(1;0;0)	(1;0;0)	(0.8;0.15;0.2)	(0.8;0.15;0.2)	(0.7;0.25;0.3)
$EV_2(X)$	(1;0;0)	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)
$EV_3(X)$	(0.9;0.1;0.1)	(0.8;0.15;0.2)	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)	(0.7;0.25;0.3)
$FA_1(X)$	(0.6;0.35;0.4)	(0.5;0.5;0.5)	(0.6;0.35;0.4)	(0.8;0.15;0.2)	(0.5;0.5;0.5)
$FA_2(X)$	(0.7;0.25;0.3)	(0.7;0.25;0.3)	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)	(0.7;0.25;0.3)
$FA_3(X)$	(0.7;0.25;0.3)	(0.6;0.35;0.4)	(0.7;0.25;0.3)	(0.7;0.25;0.3)	(0.6;0.35;0.4)
$FPs_1(X)$	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)	(0.9;0.1;0.1)
$FPs_2(X)$	(0.6;0.35;0.4)	(0.5;0.5;0.5)	(0.6;0.35;0.4)	(0.6;0.35;0.4)	(0.5;0.5;0.5)
$FPs_3(X)$	(0.5;0.5;0.5)	(0.6;0.35;0.4)	(0.5;0.5;0.5)	(0.5;0.5;0.5)	(0.4;0.65;0.6)

Tabla 7: Cálculo de las medias ponderadas de la evaluación de los expertos de ambos grupos

Predicados Simples	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
$FB_1(X)$	(1;0;0)	(0.99936;0.6607;0.75424)	(0.99976;0.58547;0.67744)
$FB_2(X)$	(0.99744;0.0015;0.00256)	(1;0.75284;0.8056)	(0.99838;0.73105;0.80792)
$FB_3(X)$	(0.99991;0.00006;0.00009)	(0.9999;0.69018;0.7084)	(0.99991;0.58994;0.64279)
$FB_4(X)$	(1;0;0)	(0.99996;0.4733;0.53344)	(0.9992;0.739;0.7952)
$EV_1(X)$	(1;0;0)	(1;0.1;0.1)	(1;0.45813;0.552)
$EV_2(X)$	(1;0;0)	(1;0.38035;0.4168)	(1;0.3439;0.3439)
$EV_3(X)$	(1;0;0)	(1;0.72578;0.7942)	(0.99994;0.53526;0.59176)
$FA_1(X)$	(0.99892;0.00055;0.00108)	(0.99973;0.65828;0.72217)	(0.992;0.91022;0.928)
$FA_2(X)$	(0.99928;0.00033;0.00072)	(1;0.64141;0.7256)	(0.99973;0.65828;0.72217)
$FA_3(X)$	(0.99712;0.00115;0.00288)	(1;0.41478;0.4816)	(0.99568;0.82176;0.87652)
$FPs_1(X)$	(0.99892;0.00106;0.00108)	(0.992;1;1)	(0.99999;0.40951;0.40951)
$FPs_2(X)$	(0.95296;0.04184;0.04704)	(1;0.1;0.1)	(0.984;0.93134;0.946)
$FPs_3(X)$	(0.98848;0.00651;0.01152)	(0.99232;0.86612;0.90928)	(0.97;0.97156;0.97)

Tabla 8: Cálculo de los predicados según sus valores de verdad neutrosóficos

Predicados simples	Moda	Media	Valor de verdad	Categoría
$FB_1(X)$	(0.8;0.15;0.2)	(1;0;0)	(0.8;0.15;0.2)	Bastante verdadero
$FB_2(X)$	(0.6;0.35;0.4)	(1;0.001;0.002)	(0.6;0.35;0.4)	Más verdadero que falso
$FB_3(X)$	(0.9;0.1;0.1)	(1;0;0)	(0.9;0.1;0.1)	Casi verdadero
$FB_4(X)$	(0.8;0.15;0.2)	(1;0;0)	(0.8;0.15;0.2)	Bastante verdadero
$EV_1(X)$	(1;0;0)	(1;0;0)	(1;0;0)	Verdadero
$EV_2(X)$	(0.9;0.1;0.1)	(1;0;0)	(0.9;0.1;0.1)	Casi verdadero
$EV_3(X)$	(0.9;0.1;0.1)	(1;0;0)	(0.9;0.1;0.1)	Casi verdadero
$FA_1(X)$	(0.7;0.25;0.3)	(1;0;0.001)	(0.7;0.25;0.3)	Algo verdadero
$FA_2(X)$	(0.7;0.25;0.3)	(1;0;0)	(0.7;0.25;0.3)	Algo verdadero
$FA_3(X)$	(0.7;0.25;0.3)	(1;0;0.001)	(0.7;0.25;0.3)	Algo verdadero
$FPs_1(X)$	(0.9;0.1;0.1)	(1;0;0)	(0.9;0.1;0.1)	Casi verdadero
$FPs_2(X)$	(0.6;0.35;0.4)	(1;0.004;0.004)	(0.6;0.35;0.4)	Más verdadero que falso
$FPs_3(X)$	(0.6;0.35;0.4)	(1;0.005;0.01)	(0.6;0.35;0.4)	Más verdadero que falso

Tabla 9: Valores de verdad neutrosóficos de los predicados compuestos

Predicados compuestos	Valor de verdad neutrosófico
DM(X)	Algo verdadero
FI(X)	Bastante verdadero
FE(X)	Algo verdadero
FB(X)	Casi verdadero
EV(X)	Bastante verdadero
FA(X)	Algo verdadero
FPs(X)	Bastante verdadero

Del conjunto de factores analizados, los factores internos en particular los relacionados con el estilo de vida emergen como determinantes clave en el desarrollo y manejo de la diabetes tipo II. La dieta poco saludable, el sedentarismo y el consumo de sustancias como tabaco y alcohol fueron evaluados por los expertos con valores de veracidad cercanos al 1 (es decir, *verdaderos o casi verdaderos*), lo que refleja un consenso robusto sobre su alta influencia en la aparición y progresión de la enfermedad. [19,20,21]

Especial atención merece el hecho de que el estilo de vida no solo es un factor de riesgo, sino también un punto de intervención directa. A diferencia de otros elementos como la edad o la predisposición genética, el estilo de vida puede modificarse mediante educación, acompañamiento médico y estrategias comunitarias. En este sentido, la lógica difusa permite priorizar estos factores no solo por su impacto estadístico, sino también por su potencial transformador en el autocuidado del paciente. [22,23,24]

La prevención de la diabetes mellitus tipo II se ha convertido en una prioridad en salud pública debido al incremento sostenido de su prevalencia, especialmente en adultos mayores. La identificación temprana de factores de riesgo, como el sedentarismo, la alimentación poco saludable, el exceso de peso y el estrés, resulta fundamental para implementar estrategias preventivas eficaces. Estas acciones no solo permiten retrasar o evitar el desarrollo de la enfermedad, sino que también contribuyen a reducir las complicaciones asociadas, disminuyendo así la carga económica y social que representa para los sistemas sanitarios [17].

Adoptar un enfoque preventivo implica fomentar estilos de vida saludables desde edades tempranas, promover campañas de concientización y asegurar el acceso a servicios de salud enfocados en el monitoreo constante de la glucosa y la educación del paciente. La intervención temprana basada en evidencia permite controlar mejor la evolución de la enfermedad y reducir significativamente su impacto. Es indispensable integrar herramientas tecnológicas y modelos de análisis como la lógica difusa neutrosófica, que permiten interpretar con mayor precisión los factores de riesgo y facilitar la toma de decisiones médicas orientadas a la prevención. [25]

5. Conclusiones

La diabetes tipo II es una enfermedad crónica que afecta a un gran número de personas mayores. La prevalencia de esta enfermedad en esta población es alta y está aumentando, lo que plantea un grave desafío para los sistemas de salud en todo el mundo.

Los factores de riesgo para desarrollar diabetes tipo II en adultos mayores son numerosos y están interrelacionados. Estos incluyen factores genéticos, ambientales y de estilo de vida, como la obesidad, la actividad física y una dieta poco saludable. Estos factores de riesgo, si se controlan adecuadamente, pueden brindar oportunidades para prevenir y tratar la diabetes tipo II.

La DM tipo II es una enfermedad común en los ancianos, caracterizada por una alta morbilidad y mortalidad. La prevención y el tratamiento temprano son esenciales para mejorar la calidad de vida de los adultos mayores con DM tipo II, aunque se han logrado avances significativos en la comprensión de la diabetes tipo 2 en los adultos mayores, aún queda mucho por aprender. La investigación futura debe centrarse en completar el conocimiento existente y desarrollar intervenciones más efectivas y personalizadas para prevenir y tratar la diabetes tipo 2 en los ancianos.

El uso de lógica difusa compensatoria aporta un marco flexible para la toma de decisiones clínicas, resaltando la importancia de prestar especial atención a los factores internos, particularmente el estilo de vida, como vía estratégica para mejorar el autocuidado y la calidad de vida de los adultos mayores con diabetes tipo II.

Referencias

[1] K. J. Ortiz Romaní, K. C. Morales Quiroz, J. G. Velásquez Rosas, and Y. J. Ortiz Montalvo, "Pacientes geriátricos con diabetes mellitus tipo 2 e impacto de factores modificables. Perú," *Gerokomos,* vol. 32, pp. 159-163, 2021. https://scielo.isciii.es/pdf/geroko/v32n3/1134-928X-geroko-32-03-159.pdf

[2] J. G. Arévalo Berrones, K. A. Cevallos Paredes, and M. d. l. Á. Rodríguez Cevallos, "Intervención nutricional en adultos mayores con diabetes mellitus tipo 2 para lograr el control glucémico," *Revista Cubana de Medicina Militar,*

vol. 49, pp. 1-19, 2020. http://scielo.sld.cu/pdf/mil/v49n3/1561-3046-mil-49-03-e604.pdf

[3] J. B. Q. Silva, A. B. Cebada, H. F. Escobar-Morreale, and L. N. Chávez, "Estrategia terapéutica en el paciente diabético (II). Tratamiento farmacológico del paciente con diabetes mellitus tipo 2. Criterios de selección y evidencia actual de los fármacos antidiabéticos no insulínicos," *Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado,* vol. 14, pp. 1116-1124, 2024/10/01/ 2024. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304541224002555

[4] M. Povar-Echeverría, M. Méndez-Bailón, F. J. Martín-Sánchez, M. Montero-Pérez-Barquero, J. C. Trullàs, and Ò. Miró, "Impacto pronóstico de metformina en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 e insuficiencia cardiaca aguda. Análisis combinado de los registros EAHFE y RICA," *Revista Clínica Española,* vol. 223, pp. 542-551, 2023/11/01/ 2023. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014256523001546

[5] J. N. Palacios Soria, S. O. Paredes Lara, A. A. Tibán Herrera, and J. L. Ortiz González, "Método para el análisis y evaluación de la prevalencia de odontomas en niños y adolescentes mediante Lógica Difusa Compensatoria," *Neutrosophic Computing & Machine Learning,* vol. 30, p. 57, 2023. https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A3%3A20029491/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A174551215&crl=c

[6] Smarandache, F., Ricardo, J.E., Caballero, E.G., Vázquez, M.Y.L. and Hernández, N.B. (2020) Delphi method for evaluating scientific research proposals in a neutrosophic environment. Neutrosophic Sets and Systems, 34, 204-213. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8WOjEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA251&dq=Delphi+method+for+evaluating+scientific+research+proposals+in+a+neutrosophic+environment.+Neutrosophic+Sets+and+Systems&ots=WwzSGjpVeK&sig=LyLaTEVbwmZa9G6rKP03L4v5moo#v=onepage&q=Delphi%20method%20for%20evaluating%20scientific%20research%20proposals%20in%20a%20neutrosophic%20environment.%20Neutrosophic%20Sets%20and%20Systems&f=false

[7] B. Sánchez Martínez, V. Vega Falcón, N. Gómez Martínez, and G. E. Vilema Vizuete, "Estudio de casos y controles sobre factores de riesgo de diabetes mellitus tipo 2 en adultos mayores," *Revista Universidad y Sociedad,* vol. 12, pp. 156-164, 2020. http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v12n4/2218-3620-rus-12-04-156.pdf

[8] R. W. V. Solórzano and A. R. R. Vargas, "La actividad física para el desarrollo la calidad de vida de adultos mayores con diabetes TIPO II," *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento,* vol. 3, pp. 362-386, 2019. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6796775

[9] E. H. Hodelín Maynard, R. E. Maynard Bermúdez, G. I. Maynard Bermúdez, and H. Hodelín Carballo, "Complicaciones crónicas de la diabetes mellitus tipo II en adultos mayores," *Revista Información Científica,* vol. 97, pp. 528-537, 2018. http://scielo.sld.cu/pdf/ric/v97n3/1028-9933-ric-97-03-528.pdf

[10] B. S. Martínez, V. Vega Falcón, M. M. V. del Río, and N. G. Martínez, "Factores de riesgo asociados con la diabetes mellitus tipo 2 en adultos mayores," *AVFT–Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica,* vol. 41, pp. 1-4, 2022. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_aavft/article/view/25925

[11] V. A. Chandía Reyes and C. Luengo Martínez, "Relación entre hipertensión arterial y diabetes mellitus tipo 2 con deterioro cognitivo en adultos mayores," *Gerokomos,* vol. 30, pp. 172-175, 2019. https://scielo.isciii.es/pdf/geroko/v30n4/1134-928X-geroko-30-04-172.pdf

[12] M. Casanova Moreno, H. Bayarre Vea, D. Navarro Despaigne, G. Sanabria Ramos, and M. Trasancos Delgado, "Estrategia educativa dirigida a adultos mayores diabéticos tipo 2 y proveedores de salud," *Revista Cubana de Medicina General Integral,* vol. 34, pp. 14-25, 2018. http://scielo.sld.cu/pdf/mgi/v34n1/mgi04118.pdf

[13] F. Petermann, C. Troncoso-Pantoja, M. A. Martínez, A. M. Leiva, R. Ramírez-Campillo, F. Poblete-Valderrama*, et al.*, "Asociación entre diabetes mellitus tipo 2, historia familiar de diabetes y deterioro cognitivo en adultos mayores chilenos," *Revista médica de Chile,* vol. 146, pp. 872-881, 2018. https://www.scielo.cl/pdf/rmc/v146n8/0034-9887-rmc-146-08-0872.pdf

[14] D. J. Almaguer, P. R. C. Méndez, R. S. S. Fonseca, D. J. Almaguer, and G. H. Ramírez, "Percepción de la calidad de vida en pacientes adultos mayores con diabetes mellitus tipo II," *Medimay,* vol. 26, pp. 54-62, 2019. https://www.medigraphic.com/pdfs/revciemedhab/cmh-2019/cmh191f.pdf

[15] R. Ramirez-Ramirez and P. Soto-Becerra, "Dependencia funcional y diabetes mellitus tipo 2 en adultos mayores afiliados al Seguro Social de Salud del Perú: análisis de la ENSSA-2015," *Acta Médica Peruana,* vol. 37, pp. 426-436, 2020. http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v37n4/1728-5917-amp-37-04-426.pdf

[16] G. V. Victor, C. Mery, and J. S. Elisa, "Prevalencia de diabetes mellitus y sus complicaciones en adultos mayores en un centro de referencia," *Revista medica vozandes,* vol. 31, pp. 49-55, 2020. https://docs.bvsalud.org/biblioref/2021/01/1146653/06_a0_06.pdf

[17] H. J. M. Martínez, A. M. D. M. Méndez, M. D. Alfaya, and M. D. Sardiña, "Seguimiento de la diabetes mellitus tipo 2 en atención primaria," *FMC - Formación Médica Continuada en Atención Primaria,* vol. 28, pp. 407-411, 2021/08/01/ 2021. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1134207221001067

[18] F. J. Carrasco-Sánchez, J. M. Fernández-Rodríguez, J. Ena, R. Gómez-Huelgas, and J. Carretero-Gómez, "Tratamiento médico de la diabetes mellitus tipo 2: recomendaciones del Grupo de Diabetes, Obesidad y Nutrición de la Sociedad Española de Medicina Interna," *Revista Clínica Española,* vol. 221, pp. 101-108, 2021/02/01/ 2021. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014256520301752

[19] Correa-Vaca, A. M., Miralles, C., Márquez-Sánchez, F., & Vergara-Romero, A. "Circular Economy Based on Reverse Logistics: A Systematic Literature Review". Kurdish Studies, vol. 12, num. 1. 2023. Availble: https://www.researchgate.net/profile/Fidel-Marquez-Sanchez/publication/377874532_Circular_Economy_Based_on_Reverse_Logistics_A_Systematic_Literature_Review/links/65bbb6301e1ec12eff690232/Circular-Economy-Based-on-Reverse-Logistics-A-Systematic-Literature-Review.pdf

[20] Von Feigenblatt, O. F. "El retorno del generalista: las humanidades, las artes liberales y la inteligencia artificial". Revista Internacional del Instituto de Pensamiento Liberal, vol. 1, num. 1, pp 37-50, 2024. Availble: https://doi.org/10.51660/ripl.v1i1.9

[21] Estupiñán, C. P., Ortega, R. S., Márquez-Sánchez, F., & Romero, A. V. "Soberanía alimentaria desde la política pública y sus argumentos: Food sovereignty from public policy and its arguments". REVISTA CIENTÍFICA ECOCIENCIA, vol. 8, pp 79-93, 2021. Availble: https://doi.org/10.21855/ecociencia.80.635

[22] López Gutiérrez, J. C., Pérez Ones, I., Estupiñán Ricardo, J., & Ramos Carpio, J. P. "Integrating Neutrosophic Theory into Regression Models for Enhanced Prediction of Uncertainty in Social Innovation Ecosystems". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp 18, 2024. Availble: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol71/iss1/18/

[23] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025. Availble: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-9881-0_7

[24] Sánchez, F. M. "¿ Qué universidad necesitamos para enfrentar los retos del desarrollo?". Revista Uniandes Episteme, vol. 11, num. 3, pp. 305-307, 2024. Availble: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9948108.pdf

[25] von Feigenblatt Rojas, O. F. "Presentación del campo emergente de la Diplomacia Académica". Revista Universidad y Sociedad, vol. 15, num. 2, pp. 316-325, 2023. Availble: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202023000200316&script=sci_arttext

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 22, 2025

NCML
Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Análisis ergonómico en el laboratorio de prótesis dental mediante superhiperestructuras neutrosóficas

Ergonomic analysis in the dental prosthetics laboratory using Neutrosophic SuperHyperStructures

José Arturo Molina Ramón [1], Gabriela Lizeth Carrera Guanga [2], and Carlos Luis Villalba León [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.josemr04@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.gabrielacg89@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.carlosvl20@uniandes.edu.ec

Resumen. Los laboratorios de mecánica dental han presentado riesgos ergonómicos significativos debido a posturas inadecuadas y movimientos repetitivos, comunes en la fabricación de prótesis dentales. Por tal razón, este estudio se centró en identificar estos riesgos y proponer medidas de seguridad para su mitigación. Para ello, se utilizó el método RULA para evaluar posturas y movimientos, al complementarlo con el análisis del entorno laboral y el diseño del mobiliario. Además, se empleó las SuperHiperestructuras Neutrosóficas para integrar variables implícitas como el estrés y las condiciones ambientales. Los resultados mostraron un alto riesgo de lesiones musculoesqueléticas, en especial en las extremidades superiores, cuello y tronco. Inclusive, se destacó la necesidad urgente de intervenciones preventivas, tales como el rediseño de los espacios de trabajo y la mejora del mobiliario. Finalmente, se recomendó integrar variables implícitas en futuras investigaciones para una intervención precisa y efectiva en la prevención de los riesgos ergonómicos.

Palabras Claves: Riesgos ergonómicos, trastornos musculoesqueléticos, carga postural, bienestar ocupacional, SuperHiperestructuras Neutrosóficas.

Abstract. Dental mechanics laboratories have presented significant ergonomic risks due to inadequate postures and repetitive movements, common in the manufacturing of dental prostheses. For this reason, this study focused on identifying these risks and proposing safety measures for their mitigation. To achieve this, the RULA method was used to assess postures and movements, complemented by an analysis of the work environment and furniture design. Additionally, Neutrosophic SuperHyperStructures were employed to integrate implicit variables such as stress and environmental conditions. The results showed a high risk of musculoskeletal injuries, particularly in the upper limbs, neck, and trunk. Furthermore, the urgent need for preventive interventions was highlighted, such as redesigning workspaces and improving furniture. Finally, it was recommended to integrate implicit variables in future research for precise and effective interventions in the prevention of ergonomic risks.

Keywords: Ergonomic risks, musculoskeletal disorders, postural load, occupational well-being, Neutrosophic SuperHyperStructures.

1. Introducción

En el entorno laboral actual, la ergonomía se ha consolidado como un componente esencial para preservar la salud y el bienestar de los trabajadores [1]. Su aplicación permite adaptar las condiciones del entorno, las herramientas y las tareas a las capacidades físicas y cognitivas de los individuos, con el objetivo de prevenir lesiones, mejorar la eficiencia operativa y fomentar ambientes de trabajo saludables [2].

En esta línea, el método RULA se presenta como una herramienta práctica y efectiva para la evaluación de los riesgos ergonómicos, en particular aquellos relacionados con el uso de los miembros superiores [3]. Su implementación permite detectar posturas forzadas, movimientos repetitivos y esfuerzos musculares que derivan en trastornos musculoesqueléticos, especialmente en actividades que requieren precisión y trabajo manual sostenido [4].

De hecho, uno de los ambientes laborales donde estas condiciones se encuentran especialmente presentes es el laboratorio de mecánica dental [5]. En este entorno, el protésico dental desempeña un papel fundamental en la elaboración de prótesis personalizadas, diseñadas para restaurar la funcionalidad y estética dental de los pacientes. La labor del protésico requiere una elevada precisión, así como un dominio técnico en la manipulación de diversos materiales y herramientas [6].

El proceso de fabricación de una prótesis dental se inicia con la recepción de las indicaciones del odontólogo, seguido de la toma de impresiones al utilizar materiales como alginato o silicona. A partir de estos moldes, se crean modelos en yeso que sirven de base para la construcción definitiva de la prótesis, al utilizar técnicas especializadas con metal, cerámica o resina acrílica. Este procedimiento, que incluye etapas como el tallado, ajuste, pulido y adaptación de las piezas, exige posturas prolongadas y movimientos repetitivos que representan un riesgo ergonómico considerable para el técnico dental [7,21].

Por ende, el presente estudio se orienta a identificar los riesgos ergonómicos más comunes en los procesos de fabricación de prótesis dentales y proponer medidas de seguridad adecuadas para su mitigación. Para ello, se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Realizar una evaluación inicial de los puestos de trabajo en los laboratorios de mecánica dental mediante el método RULA, al considerar factores como movimientos repetitivos, posturas inadecuadas y esfuerzos físicos asociados a la labor técnica.
- Identificar los riesgos ergonómicos más significativos presentes en la manipulación de materiales, el tallado y ajuste de prótesis, así como en las actividades repetitivas relacionadas con el pulido y acabado.
- Determinar las variables que no son directamente observables o que presentan información parcial o incierta y que influyen en la evaluación ergonómica. Así como una propuesta de evaluación que se integre a los resultados organizados por niveles de complejidad mediante el modelo basado en SuperHiperestructuras neutrosóficas [8].

Al aplicar el método RULA, es posible analizar de manera detallada los movimientos y posturas adoptadas por los técnicos durante las distintas etapas de producción de una prótesis dental. Esto incluye la evaluación de tareas como el ajuste de estructuras metálicas, el modelado de cera, el uso de instrumentos rotatorios y el trabajo en estaciones de pulido [9,22].

Por otro lado, el modelo basado en SuperHiperestructuras neutrosófico para la evaluación ergonómica en laboratorios de mecánica dental tiene como objetivo estructurar y analizar datos complejos de manera jerárquica, desde los elementos más simples hasta conjuntos complejos que representan tareas, posturas, condiciones laborales y riesgos asociados [10]. A continuación, de estructurar estos conjuntos de potencia para cada nivel jerárquico, donde se incorporan tanto los elementos observables como aquellos implícitos en la evaluación ergonómica.

En consecuencia, la incorporación de criterios ergonómicos en el diseño de los espacios de trabajo y en la organización de tareas se vuelve indispensable. Esta integración no solo favorece la prevención de lesiones musculoesqueléticas, sino que también mejora la eficiencia del trabajo, al reducir la fatiga y el error humano [11].

2. Métodos

2.1. Método RULA.

En la presente investigación se manejaron datos de los resultados obtenidos a través de esta investigación mediante observación en el laboratorio de mecánica dental del Centro de Especialidades Odontológicas “Corona Gómez Phd” de la UNIANDES. De hecho, permitieron la evaluación de la carga postural para la prevención de trastornos musculoesqueléticos en el ámbito laboral. Por consiguiente, para la modelación del estudio, se propone la utilización del método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) como herramienta de evaluación sistemática para identificar los principales riesgos ergonómicos en los laboratorios de mecánica dental. De hecho, permite no solo reconocer los puntos críticos del proceso de trabajo, sino también establecer medidas correctivas que contribuyan a la mejora de las condiciones laborales.

2.1.1 Descripción del método RULA [12]:

El método RULA se basa en la observación y evaluación de las posturas adoptadas por el trabajador durante la jornada laboral. Se consideran cuatro factores principales:

- Postura: Se evalúa la posición de las diferentes partes del cuerpo (brazos, antebrazos, muñecas, tronco, piernas) mediante diagramas estandarizados.
- Duración: Se registra el tiempo que el trabajador permanece en cada postura.
- Frecuencia: Se anota la cantidad de veces que el trabajador adopta cada postura a lo largo de la jornada.
- Fuerza: Se considera la fuerza muscular utilizada para mantener cada postura.

Evaluación del riesgo: A partir de la información recolectada, se asigna una puntuación a cada factor de riesgo. La suma de las puntuaciones determina el nivel de riesgo:

- Bajo riesgo (puntuación total ≤ 2): No se requieren medidas inmediatas.

- Riesgo medio (puntuación total 3-7): Se recomienda implementar medidas de control para reducir el riesgo.
- Alto riesgo (puntuación total ≥ 8): Se requiere una intervención urgente para reducir el riesgo.

Medidas de control: El método RULA ofrece diferentes medidas de control para reducir el riesgo ergonómico, como:

- Modificación del puesto de trabajo: Ajustar la altura de la mesa de trabajo, la silla, el monitor o la posición de las herramientas.
- Implementación de pausas: Introducir pausas regulares para descansar las extremidades superiores.
- Ejercicios de estiramiento: Realizar ejercicios para mejorar la flexibilidad y la fuerza muscular.
- Capacitación: Instruir al trabajador sobre las técnicas de trabajo correctas para evitar posturas inadecuadas.

Aplicación del método RULA: En el caso del protésico dental, el método RULA se utiliza para evaluar el riesgo ergonómico asociado a las diferentes tareas que realiza, como:

- Toma de moldes: Posición de pie con flexión del tronco y los brazos.
- Preparación de la prótesis: Posición sentada con flexión de los dedos y las muñecas.
- Ajuste de la prótesis: Posición de pie o sentada con flexión del tronco y los brazos.

Metodología de la evaluación: Para realizar la evaluación, se seguirán los siguientes pasos:

1. Observación y registro de las posturas: Se fotografiará al protésico dental durante la jornada laboral para identificar las posturas más incorrectas.
2. Evaluación de los factores de riesgo: Se analizará la postura, la duración, la frecuencia y la fuerza de cada postura al utilizar los diagramas y las tablas del método RULA.
3. Cálculo del nivel de riesgo: Se suman las puntuaciones de cada factor de riesgo para obtener el nivel de riesgo total.
4. Recomendaciones: Se propondrán medidas de control para reducir el riesgo ergonómico en función del nivel de riesgo encontrado.

2.2. Neutrosophic SuperHyperStructures

Las Neutrosophic SuperHyperStructures son una extensión avanzada de las SuperHiperestructuras, combinadas con la lógica neutrosófica, una teoría desarrollada por Florentin Smarandache [13]. Esta lógica permite representar y trabajar con información que no solo es verdadera o falsa, sino también indeterminada, al hacerla especialmente útil en entornos donde los datos son incompletos, ambiguos o inciertos. De hecho, cuando se combina con la noción de SuperHiperestructuras neutrosófica, se obtiene un instrumento que permite representar relaciones entre elementos observables, no observables e inciertos, organizados por niveles de complejidad.

De igual forma, la lógica neutrosófica integrada a los conjuntos de potencia $P^n(H)$ proporciona una herramienta avanzada para representar escenarios reales donde la información disponible es heterogénea en calidad y grado de certeza. En el caso de laboratorios dentales, algunos factores como la postura, duración de la tarea o herramienta empleada pueden observarse directamente, mientras que otros, como el estrés, la motivación, o la calidad del mobiliario, pueden estar sujetos a percepción subjetiva o datos parciales.

Así, cada conjunto $P^n(H)$ no solo representa una agrupación semántica o funcional, sino que también incorpora una valoración neutrosófica que permite distinguir:

- Qué tan confiable es un conjunto diagnóstico ergonómico.
- Qué grado de incertidumbre lo afecta.
- Qué aspectos pueden descartarse por falta de evidencia.

Por consiguiente, se proponen las siguientes definiciones:

Definition 1: The nth-Power Set $P_*^n(H)$ without indeterminacy of the set H (non- empty -set) is defined recursively as follows:

$$\boldsymbol{P_*^0(H) = H}$$

$$\boldsymbol{P_*^1(H) = P_*(H)}$$

$$\boldsymbol{P_*^2(H) = P_*\big(P_*(H)\big)}$$

$$\boldsymbol{P_*^3(H) = P_*\Big(P_*^2(H)\Big)}$$

$$\boldsymbol{\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots}$$

$$\boldsymbol{P_*^n(H) = P_*\Big(P_*^{n-1}(H)\Big)}$$

Where P denotes the power set is repeated n times in the last formula and the empty set $\emptyset$ (representing indeterminacy, uncertainty) is not allowed in any of the previous sequences.

Definition 2: The **n[th]-Power Set $P^n(H)$ with set indeterminacy** H is defined recursively as follows:

$$\boldsymbol{P^0(H) = H}$$

$$\boldsymbol{P^1(H) = P(H)}$$

$$\boldsymbol{P^2(H) = P\big(P(H)\big)}$$

$$\boldsymbol{P^3(H) = P\Big(P^2(H)\Big)}$$

$$\boldsymbol{P^n(H) = P\Big(P^{n-1}(H)\Big)}$$

Where P is repeated n times in the last formula and the empty set $\emptyset$ (representing indeterminacy, and uncertainty) is allowed in the previous sequences.

Definition 3: A *SuperHyperStructure* is built on the **nth-Power Set $\boldsymbol{P_*^n(H)}$** of a set $\boldsymbol{H}$, for an integer $n \geq 1$, whose *SuperHyperOperators* ($\#_{SHO}$) are defined as follows:

$\#_{SHO}: (\boldsymbol{P_*^r(H)})^{\boldsymbol{m}} \to \boldsymbol{P_*^n(H)}$,

Where $\boldsymbol{P_*^r(H)}$ is the power set of $\boldsymbol{H}$ for the integer $r \geq 1$, while $\boldsymbol{P_*^n(H)}$ is the nth-Power Set of $\boldsymbol{H}$ without any empty set and the *SuperHyperAxiom* acts on it.

Definition 4: A *Neutrosophic SuperHyperStructure* is built on the **nth-Power Set $\boldsymbol{P^n(H)}$** of a set $\boldsymbol{H}$, for an integer $n \geq 1$, whose *Neutrosophic SuperHyperOperators* ($\#_{NSHO}$) are defined as follows:

$\#_{NSHO}: (\boldsymbol{P^r(H)})^{\boldsymbol{m}} \to \boldsymbol{P^n(H)}$,

Where $\boldsymbol{P^r(H)}$ is the power set of $\boldsymbol{H}$ for the integer $r \geq 1$, while $\boldsymbol{P^n(H)}$ is the nth-Power Set of $\boldsymbol{H}$ which can contain the empty set and the *Neutrosophic SuperHyperAxiom* acts on it.

Note that a *SuperHyperFunction* is a particular case of a SuperHyperOperator, just like a *Neutrosophic SuperHyperFunction* is a special case of a Neutrosophic SuperHyperOperator.

3. Estudio de los riesgos ergonómicos en el desempeño del protésico dental.

3.1 SuperHiperEstructura neutrosóficas para la representación de riesgos ergonómicos.

Modelo jerárquico basado en SuperHiperestructuras Neutrosóficas:

1. Conjunto S: Elementos simples o los elementos básicos que representan variables observables del entorno ergonómico al agruparse en este nivel. Cada elemento se encuentra directamente relacionado con una característica específica de la actividad laboral en los laboratorios dentales. Esto incluye aspectos como las tareas realizadas, las posturas observadas, los segmentos corporales afectados, entre otros.
   $S = \{a, b, c, d, e, f, g, h, l\}$, donde cada elemento representa:
   - a: Actividades ergonómicamente críticas (ejemplo: tallado de prótesis)
   - b: Posturas corporales observadas (ejemplo: flexión de tronco)
   - c: Segmentos corporales afectados (ejemplo: extremidades superiores)
   - d: Niveles de riesgos según RULA
   - e: Frecuencias de las tareas
   - f: Duración de las posturas
   - g: Herramientas empleadas (ejemplo: torno, pieza de mano)
   - h: Medidas preventivas propuestas
   - l: Estaciones de trabajo observadas
2. Conjunto M: Elementos implícitos en este nivel que incluyen variables que no son directamente observables o que presentan información parcial o incierta, tales como las condiciones psicosociales, la experiencia del operario o las características del ambiente laboral [14] [15]. Estas variables influyen en la evaluación ergonómica, pero su determinación es más compleja y requiere una mayor estimación.
   $M = \{m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6\}$, donde cada elemento representa:
   - m_1: Niveles de experiencia del protésico dental
   - m_2: Variabilidad en duración y frecuencia de tareas
   - m_3: Condiciones médicas preexistentes
   - m_4: Calidad del mobiliario
   - m_5: Factores psicosociales (ejemplo: estrés, fatiga, motivación)
   - m_6: Condiciones ambientales del laboratorio (ejemplo: temperatura, ruido, iluminación)

Para la evaluación ergonómica en laboratorios dentales se procede a aplicar SuperHiperestructuras Neutrosóficas, donde:

- $H = S \cup M$
- S: Variables observables
- M: Variables implícitas con incertidumbre

3. Nivel P^0(H): Elementos individuales

$$P^0(H) \stackrel{\text{def}}{=} H = \{a, b, c, d, e, f, g, h, l, m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6\}$$

4. Nivel $P^1(H)$: Estructura funcional primaria de factores ergonómicos observables e implícitos (ver tabla 1).
5. Nivel $P^2(H)$: Arquitectura temática intermedia para la evaluación de riesgos ergonómicos (ver tabla 2).
6. Nivel $P^3(H)$: Modelos diagnósticos compuestos para el análisis ergonómico (ver tabla 3).
7. Nivel $P^4(H)$: Estratificación de riesgo ergonómico por procedimiento técnico (ver tabla 4).

Tabla 1: Nivel $P^1(H)$. Fuente: Elaboración propia.

Conjunto		Elementos	Entidad o nombre
$P^1(H)$	$P^1_1(H)$	{a, b, c}	Relación tarea–postura–segmento afectado
	$P^1_2(H)$	{d, e, f}	Perfil de riesgo observable
	$P^1_3(H)$	{g, h, l}	Condiciones físicas del entorno
	$P^1_4(H)$	$\{m_1, m_2\}$	Experiencia y variabilidad de tareas
	$P^1_5(H)$	$\{m_4, m_6\}$	Mobiliario y ambiente del laboratorio
	$P^1_6(H)$	$\{m_3, m_5\}$	Salud preexistente y factores psicosociales

Tabla 2: Nivel $P^2(H)$. Fuente: Elaboración propia.

Conjunto		Elementos	Entidad o nombre
$P^2(H)$	$P^2_1(H)$	$\{P^1_1(H), P^1_2(H)\}$	Análisis ergonómico observable
	$P^2_2(H)$	$\{P^1_2(H), P^1_3(H)\}$	Evaluación del riesgo y condiciones del entorno
	$P^2_3(H)$	$\{P^1_1(H), P^1_3(H)\}$	Configuración de tarea y entorno físico
	$P^2_4(H)$	$\{P^1_5(H), P^1_6(H)\}$	Evaluación de factores personales y estructurales del entorno
	$P^2_5(H)$	$\{P^1_4(H), P^1_6(H)\}$	Incertidumbre funcional y psicosocial

Tabla 3: Nivel $P^3(H)$. Fuente: Elaboración propia.

Conjunto		Elementos	Entidad o nombre
$P^3(H)$	$P^3_1(H)$	$\{P^2_1(H), P^2_2(H), P^2_3(H)\}$	Diagnóstico ergonómico observable
	$P^3_2(H)$	$\{P^2_4(H), P^2_5(H)\}$	Modelo de riesgo con alta incertidumbre

Tabla 4: Nivel $P^4(H)$. Fuente: Elaboración propia.

Conjunto	Elementos	Tareas	Entidad o nombre
$P^4(H)$	$\{P^3_1(H), P^3_2(H)\}$	Tallado	Riesgos ergonómicos del procedimiento “tallado”
		Pulido	Riesgos ergonómicos del procedimiento “pulido”
		Ajuste	Riesgos ergonómicos del procedimiento “ajuste”

Este modelo propone una representación jerárquica y estructurada de datos ergonómicos, basada en la teoría de las SuperHiperEstructuras neutrosóficas, particularmente mediante el uso de conjuntos de potencia n-ésima (ver figura 1). Esta metodología permite organizar y analizar de manera sistemática los factores de riesgo presentes en laboratorios de mecánica dental.

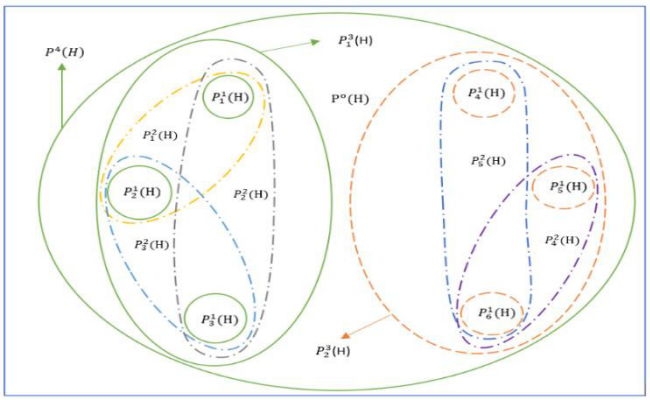


Figura 1: Neutrosophic SuperHyperStructures para la evaluación ergonómica en laboratorios dentales. Fuente: Elaboración propia.

Los conjuntos $P^n(M)$ se integran progresivamente con los conjuntos $P^n(S)$ del modelo estructurado de variables observables, mediante un enlace flexible que pondera el impacto de la incertidumbre sobre los diagnósticos ergonómicos:

$$P^n(H) = P^n(S) \cup P^n(M)$$

De este modo, el análisis final del riesgo ergonómico se ajusta al considerar las condiciones no observables o parcialmente conocidas. Esto es fundamental para garantizar que las medidas preventivas no se basen únicamente en observaciones visibles, sino también en factores estructurales no evidentes. A continuación, se realiza una observación y evaluación ergonómica en el laboratorio de mecánica dental del Centro de Especialidades Odontológicas "Corona Gómez Phd" de la UNIANDES, donde se analizan hasta el conjunto potencia $P_1^3(H)$. Para ello, se aplicó la definición: $\#ERGO\_RIESGO: P_1^3\ (H) \to Z$, donde $\mathbb{Z}$ representa el rango de puntuación del método RULA.

3.2 Evaluación ergonómica en el laboratorio de mecánica dental: Modelación del método RULA.

3.2.1 Análisis grupo A

Durante la fase de recolección de datos, se observaron múltiples variables posturales en el entorno de trabajo del protésico dental. Entre los resultados más relevantes se identificó una flexión del brazo entre 45º y 90º, con apoyo sobre el mesón de trabajo (ver figura 2) que implica una evaluación de (+2). El trabajador permanecía sentado en un asiento carente de características ergonómicas, al comprometer la alineación corporal adecuada.

Figura 2: Puntuación del brazo del grupo A. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el antebrazo presentaba una flexión aproximada de 60º, mientras que el brazo cruzaba la línea media del cuerpo en el área de trabajo, lo cual implica una distribución asimétrica de las tareas (ver figura 3) con una evaluación de (+2). Asimismo, se registró una flexión de muñeca entre 0º y 15º, acompañada de una desviación cubital, y un giro cercano al límite final del rango de movimiento de la articulación, al implicar una evaluación de (+4) (ver figura 4).

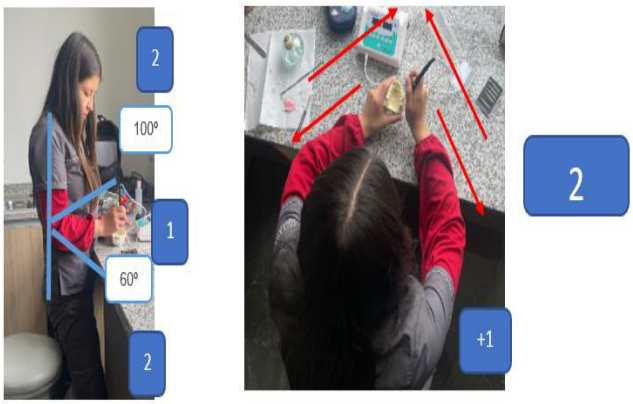


Figura 3: Puntuación del brazo del grupo A. Fuente: Elaboración propia.

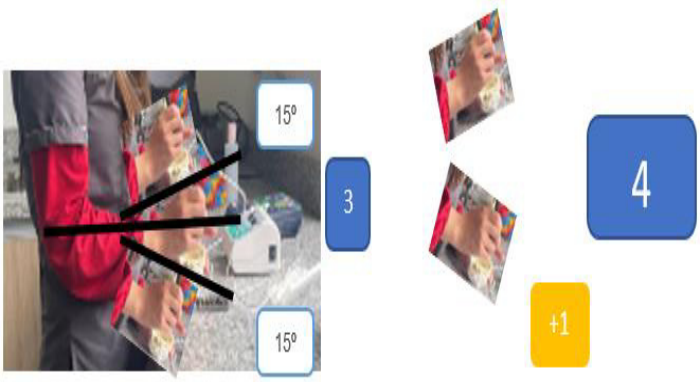


Figura 4: Puntuación de la muñeca del grupo A. Fuente: Elaboración propia.

De igual forma la *puntuación giro de la muñeca* se evaluó de (+1), al tener presente los siguientes criterios:

- Si la muñeca está en el rango medio giro: +1
- Si la muñeca está girada próxima al rango final de giro: +2

Estos movimientos eran ejecutados de forma repetitiva y con alta precisión, lo que incrementa la probabilidad de sobrecarga muscular localizada.

En cambio, la *puntuación de actividad muscular* se evaluó de (+1), al considerar estos criterios:

- Actividad dinámica (ocasional, poco frecuente y de corta duración): 0
- Si la postura es principalmente estática (agarres superiores a 1 min) o si sucede repetidamente la acción (4 veces/min o más) implica: (+1)

Sin embargo, la *puntuación de carga/fuerza* se mostró al obtener un valor de (0), debido que la carga manipulada por el protésico era constante y menor a 1 kilogramo, aunque leve, en combinación con los demás factores posturales, contribuye al desgaste funcional. Para ello, esta evaluación se encuentra sustentada según los siguientes criterios:

- No resistencia o carga o fuerza menor de 2 kg y se realiza intermitentemente: 0
- Entre 2 y 10 kg y se levanta intermitente +1
- Entre 2 y 10 kg y es estática o repetitiva / o más de 10 kg intermitente: +2
- Más de 10 kg estática o repetitiva / o golpes o fuerzas bruscas o repentinas: +3

3.2.2 Análisis del grupo B

En el análisis del Grupo B, que contempla cuello, tronco, piernas, tipo de actividad muscular y carga/fuerza, se estableció una puntuación media en el tronco debido a la torsión leve observada (ver figura 5 y 6). De hecho, la puntuación del cuello fue de +3 y la del tronco de +1.

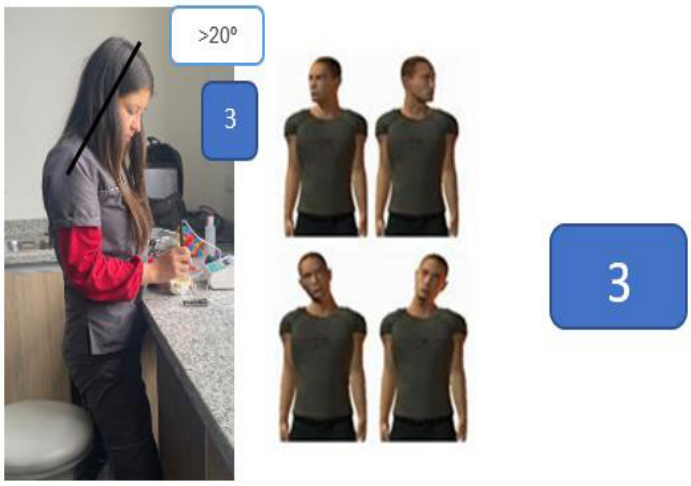


Figura 5: Puntuación del cuello del grupo B. Fuente: Elaboración propia.

Figura 6: Puntuación del tronco del grupo B. Fuente: Elaboración propia.

En cambio, la *puntuación piernas* se evaluó de (+1), debido que las piernas, al encontrarse en contacto con el suelo y con una distribución simétrica del peso corporal (ver figura 7), obtuvieron una puntuación baja, indicativa de menor riesgo postural. De hecho, esta evaluación se fundamentó en los siguientes criterios:

- Sentado con pies y piernas apoyados o de pie con el peso simétricamente distribuido y espacio para cambiar de posición: +1
- Si los pies no están apoyados, o si el peso no se encuentra simétricamente distribuido: +2.

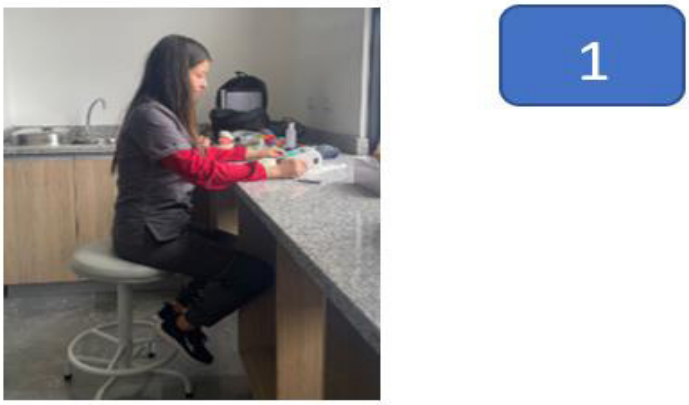


Figura 7: Puntuación de las piernas del grupo B. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la puntuación del tipo de actividad muscular se mostró con una puntuación de (+1), debido que la postura estática prolongada y la ligera carga sostenida implicaron una penalización adicional en la evaluación. Entre los criterios para determinar este valor, se muestran:

- Actividad dinámica (ocasional, poco frecuente y de corta duración) (0)
- Si la postura es principalmente estática o si sucede repentinamente la acción (4 veces / min. o más)

Sin embargo, la *Puntuación carga/fuerza* con una evaluación de (0) se determinó en función de los siguientes criterios:

- No resistencia o carga o fuerza menor de 2 kg y se realiza intermitentemente: 0
- Entre 2 y 10 kg y se levanta intermitente +1
- Entre 2 y 10 kg y es estática o repetitiva / o más de 10 kg intermitente: +2
- Más de 10 kg estática o repetitiva / o golpes o fuerzas bruscas o repentinas: +3

Finalmente, al integrar todas las puntuaciones obtenidas, el resultado total se ubicó en el rango de 5 a 6 puntos según la escala del método RULA. Este puntaje se interpreta como un nivel de riesgo medio a alto, lo cual indica que la postura y condiciones de trabajo del protésico dental no son aceptables y requieren cambios urgentes. De acuerdo con la interpretación de la escala RULA, los valores mostrados sugieren la necesidad de una intervención inmediata, precedida por un análisis de mayor alcance que permita implementar medidas correctivas eficaces (ver tabla 5).

Tabla 5: Escala del método RULA. Fuente: R. Nowara et al (2023).

Escala	Descripción
1 o 2	Se considera aceptable si no se mantienen o repiten durante largos periodos de tiempo.
3 o 4	Se dan a posturas de trabajo que estén fuera del rango de movimiento adecuados, se requiere estudios complementarios y posibles cambios.
5 o 6	Indica que no se encuentra dentro de los rangos de movimiento y (o) trabajo muscular estático, y puede ser preciso ejercer fuerzas. Requiere que estas operaciones se investiguen pronto y se realicen cambios a corto plazo.

4. Discusión

Los resultados del estudio, centrado en los laboratorios de mecánica dental, han identificado dos tipos de variables en la evaluación ergonómica: las que son directamente observadas y medidas —como las posturas adoptadas, las tareas realizadas y las herramientas empleadas—, y aquellas que, por su naturaleza subjetiva o incierta, escapan a una cuantificación directa. Entre estas últimas se encuentran factores como el estrés laboral, la motivación individual, la fatiga acumulada, así como la experiencia del protésico dental o las condiciones ambientales cambiantes del laboratorio. En este escenario de información heterogénea, las *Neutrosophic SuperHyperStructures* se presentan como una herramienta que ha permitido la integración coherente de datos empíricos con variables indeterminadas dentro de un modelo estructural. Esta capacidad de modelar simultáneamente certezas e informaciones parciales o desconocidas son la clave para representar la complejidad real de entornos laborales caracterizados por alta variabilidad humana y las condiciones multifactoriales. [23]

El análisis hasta el conjunto potencia $P_1^3(H)$ ha permitido identificar en la evaluación ergonómica realizada diversos factores de riesgo asociados a la labor del protésico dental. Entre los más relevantes se encuentran las posturas forzadas mantenidas durante largos periodos, la ejecución constante de movimientos repetitivos y los esfuerzos musculares asociados a la manipulación de pequeñas cargas y tareas de precisión. Estas condiciones, observadas de manera sostenida, tienden a generar tensión acumulada en los músculos cervicales y dorsales, lo que incrementa el riesgo de desarrollar trastornos musculoesqueléticos a mediano y largo plazo.

De hecho, los resultados del método RULA han evidenciado que la exposición continua a posturas inadecuadas y movimientos repetitivos constituye un riesgo significativo para la salud ocupacional en este entorno. A pesar de la naturaleza especializada del trabajo en los laboratorios de mecánica dental, se constató la carencia de mobiliario ergonómicamente diseñado que facilite una correcta alineación postural y minimice el impacto físico sobre el trabajador.

En este sentido, la observación directa permitió confirmar que todas las regiones corporales implicadas en las funciones del protésico dental —especialmente extremidades superiores, cuello y tronco— son susceptibles de evaluación mediante el método RULA. Esto refuerza su utilidad como herramienta diagnóstica preliminar para detectar riesgos ergonómicos y planificar intervenciones adecuadas dentro del conjunto potencia $P_1^3(H)$. De hecho, la ausencia de un diseño ergonómico específico en el mobiliario y las estaciones de trabajo agrava la situación, al incrementar el potencial de aparición de lesiones por sobreuso.

Por otro lado, los puntajes obtenidos tras la evaluación RULA se ubicaron en un rango que sugiere la necesidad inmediata de acciones correctivas. Por tanto, la implementación de programas preventivos en ergonomía emerge como una estrategia clave para la mitigación del riesgo. Dichos programas deben incluir capacitaciones sobre prácticas posturales adecuadas, pausas activas y rediseño del entorno laboral. Paralelamente, es imperativo optimizar el mobiliario utilizado, de forma que se adapte a las características antropométricas del trabajador y favorezca una ejecución más saludable de sus funciones.

Asimismo, estudios internacionales realizados en facultades odontológicas han abogado sobre el rediseño de los espacios de trabajo de odontólogos y protésicos dentales, debido a la alta incidencia de enfermedades musculoesqueléticas asociadas a su práctica profesional [16]. Aunque en la presente investigación no se dispone de estudios institucionales previos para establecer comparaciones directas, la evidencia empírica recopilada coincide con resultados globales que respaldan la implementación inmediata de medidas ergonómicas integrales.

Por otro lado, si bien el análisis realizado mediante el método RULA permitió identificar un nivel de riesgo ergonómico medio a alto que exige intervención inmediata, se debe señalar que este estudio no contempló el desarrollo de elementos implícitos en la evaluación. Estas variables, tales como la experiencia del operario, las condiciones psicosociales (como el estrés o la fatiga), y los factores ambientales del laboratorio (iluminación, ruido, temperatura), no son directamente observables y presentan un alto grado de incertidumbre o subjetividad en su cuantificación. De hecho, suelen incidir significativamente en la interpretación global del riesgo, dado que estos factores actúan como moduladores del impacto real de las posturas y tareas evaluadas. [24]

Por tanto, se ha recomendado, que futuras investigaciones integren herramientas de evaluación complementarias que permitan incorporar estos elementos mediante un análisis de las Superhiperestructuras neutrosóficas. Así

como la evaluación de la estratificación de riesgo ergonómico por procedimiento técnico del nivel $P^4(H) \rightarrow P^n(M)$. Para ello, se presenta la siguiente propuesta a desarrollar en próximos estudios.

3.3 Propuesta de evaluación para $P^4(H) \rightarrow P^n(M)$.

En este caso, el valor numérico de riesgo Z debe ser asignado al integrar tanto los factores de incertidumbre como los efectos indirectos sobre el riesgo ergonómico [17]. Por tanto, se realizaría a través de las siguientes metodologías:

Método de evaluación para $P^n(M)$:

1. Métodos de evaluación basados en factores psicosociales y médicos:
    - Los factores psicosociales (estrés, fatiga, motivación) y médicos (condiciones preexistentes) contribuyen a la carga ergonómica del trabajador, aunque no estén directamente relacionados con las posturas.
    - Factores como el estrés incrementan la percepción de fatiga y aumenta la probabilidad de lesiones, para ello, se debe asignar un valor numérico neutrosófico de riesgo basado en estudios previos o en encuestas.
    - Análisis de variables psicosociales:
        - Cuestionarios como el cuestionario de estrés ocupacional o cuestionarios de salud psicosocial permiten cuantificar el impacto de factores como la fatiga o el estrés en el riesgo ergonómico.
        - Estos cuestionarios asignan puntuaciones que se integran en un modelo de riesgo, al utilizar una escala de 0 a 10 o cualquier otro rango de valores.
    - Análisis médico:
        - La presencia de condiciones médicas preexistentes (por ejemplo, problemas musculoesqueléticos, artritis) elevan el riesgo ergonómico. Aquí, el valor asignado depende de la gravedad de la condición médica y su impacto potencial sobre el trabajador.
        - Por ejemplo, un trabajador con antecedentes de dolor lumbar tiene un valor de riesgo más alto para tareas que impliquen flexión prolongada del tronco.
2. Simulaciones y modelos predictivos:
    - Modelos de simulación:
        - Técnicas como la simulación neutrosófica Monte Carlo son aplicadas para generar diferentes escenarios de riesgo basados en las condiciones inciertas que afectan la ergonomía [18,25]. Esto incluye variabilidad en la fatiga, frecuencia de tareas, y otros factores psicosociales.
        - El modelo asigna probabilidades a cada posible resultado de riesgo (bajo, moderado, alto), al proporcionar un valor de riesgo numérico en función de la probabilidad de que ocurran diferentes eventos de riesgo.
3. Métodos de clasificación y análisis de datos:
    - Análisis de clústeres:
        - Al utilizar algoritmos de agrupamiento como k-means o análisis de factores en herramientas como R o Python, se identifican patrones en las variables implícitas [19]. Esto permite clasificar a los trabajadores en grupos con riesgo similar, al asignr un valor de riesgo según el perfil de cada grupo.
    - Modelos estadísticos de regresión:
        - Regresión logística o redes bayesianas se usarían para predecir el riesgo ergonómico basado en múltiples variables implícitas [20]. Estas técnicas consideran la correlación entre variables como el estrés, la experiencia y las condiciones laborales.
        - El valor de riesgo se asigna en función de la probabilidad de lesión o fatiga derivada de estas variables. [26,27]
4. Escalas de evaluación adaptadas:
    - Se utilizan escalas adaptadas para asignar un valor numérico de riesgo basándose en el impacto combinado de los factores implícitos:
        - Una escala de 0 a 10 o 1 a 5 podría usarse, donde 0 o 1 sería un riesgo bajo, y 10 o 5 indicaría un riesgo alto. Este puntaje se ajusta según la combinación de factores como fatiga, experiencia y condiciones de trabajo.

Por lo tanto, la función $\#ERGO\_RIESGO$: $P^n(M) \rightarrow Z$ se define de la siguiente manera:

$$\#ERGO\_RIESGO(P^n(M)) = "\{Valor\ numérico\ de\ riesgo\ (T, I, F)\} = f(m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6).$$

Donde, el valor de $f(m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6)$ se calcula al utilizar los métodos de evaluación mencionados y el resultado es un número entero que representa el nivel de riesgo ergonómico basado en las variables implícitas.

Esto permite una evaluación integral del riesgo ergonómico al considerar tanto las variables observables como las inciertas.

5. Conclusión

La evaluación ergonómica en los laboratorios de mecánica dental ha identificado factores de riesgo significativos, como posturas forzadas y movimientos repetitivos, que aumentan la probabilidad de trastornos musculoesqueléticos. Así mismo, el uso de Neutrosophic SuperHyperStructures ha permitido integrar variables observables y subjetivas, al mejorar la precisión en el análisis y al fomentar intervenciones preventivas efectivas, como el rediseño del mobiliario y la capacitación en posturas adecuadas.

Los resultados obtenidos mediante el método RULA han revelado que las condiciones actuales favorecen la aparición de lesiones musculoesqueléticas. En consecuencia, se hace imprescindible implementar medidas preventivas en el laboratorio de mecánica dental del Centro de Especialidades Odontológicas. Asimismo, se ha recomendado integrar las variables implícitas, como el estrés y las condiciones ambientales, mediante SuperHiperestructuras Neutrosóficas en futuros estudios, con el fin de desarrollar estrategias de intervención más precisas y transferibles a otros entornos laborales.

Referencias

[1] M.-E. Boatca, A. Draghici, S. I. Irimie, and B. Gajsek, "Safety, health and comfort in the workplace: An innovative framework to support implementation of ergonomic interventions," *Human Systems Management,* vol. 44, no. 1, pp. 59-68, 2025. [Online]. Available: https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3233/HSM-230159.

[2] K. Parsakia and S. H. S. A. Tabar, "The Future of Occupational Health: Anticipating Risks in the Evolving Workplace," *Journal of Foresight and Public Health,* vol. 1, no. 3, pp. 30-45, 2024. [Online]. Available: https://www.journalfph.com/index.php/jfph/article/view/12.

[3] V. N. Kakaraparthi *et al.*, "Application of the rapid upper limb assessment tool to assess the level of ergonomic risk among health care professionals: A systematic review," *Work,* vol. 71, no. 3, pp. 551-564, 2022. [Online]. Available: https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3233/WOR-210239.

[4] M. Aljanakh, "Musculoskeletal disorders among dental assistants: a cross-sectional study," *BMC Musculoskeletal Disorders,* vol. 25, no. 1, p. 64, 2024. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s12891-024-07178-7.

[5] K. Katano, K. Nakajima, M. Saito, Y. Kawano, T. Takeda, and K. Fukuda, "Effects of Line of Vision on Posture, Muscle Activity and Sitting Balance During Tooth Preparation," *International Dental Journal,* vol. 71, no. 5, pp. 399-406, 2021/10/01/ 2021. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020653920365564.

[6] W. D. Hendricson and P. A. Cohen, "Oral health care in the 21st century: implications for dental and medical education," *Academic Medicine,* vol. 76, no. 12, pp. 1181-1206, 2001. [Online]. Available: https://journals.lww.com/academicmedicine/abstract/2001/12000/oral_health_care_in_the_21st_century__implications.9.aspx.

[7] L. Sangalli, M. Alabsy, D. Lingle, A. Alessandri-Bonetti, and J. C. Mitchell, "Assessment of dental ergonomics among dental students: A retrospective study," *Journal of Dental Education,* vol. 87, no. 11, pp. 1559-1569, 2023. [Online]. Available: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jdd.13338.

[8] C. Perou, A. Petalas, M. Stoupi, and C. Hadjichristou, "Effectiveness of Lighting Conditions on Shade Matching Accuracy Among Dental Students," *Dentistry Journal,* vol. 13, no. 3, p. 130, 2025. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2304-6767/13/3/130.

[9] A. Tahir, S. Bai, and M. Shen, "A wearable multi-modal digital upper limb assessment system for automatic musculoskeletal risk evaluation," *Sensors,* vol. 23, no. 10, p. 4863, 2023. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/1424-8220/23/10/4863.

[10] L. Kaki, S. Kc, and J. E. Gallagher, "Health and wellbeing of clinical dental care professionals: a systematic review," *Primary Dental Journal,* vol. 11, no. 2, pp. 40-50, 2022. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2071-1050/13/2/599.

[11] J. Wu, M. McCullough, M. G. Panisset, and M. P. Galea, "Prevention of work-related musculoskeletal disorders among dental professionals: A scoping review," *Work,* vol. 72, no. 1, pp. 91-108, 2022. [Online]. Available: https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3233/WOR-205257.

[12] R. Nowara *et al.*, "Testing the level of agreement between two methodological approaches of the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) for occupational health practice—an exemplary application in the field of dentistry," *Bioengineering,* vol. 10, no. 4, p. 477, 2023. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2306-5354/10/4/477.

[13] F. Smarandache, "Foundation of superhyperstructure & neutrosophic superhyperstructure," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 63, no. 2024, pp. 367-381, 2024. [Online]. Available: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=vHI_EQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA367&dq=Neutrosophic+SuperHyperFunction+(Revisited+Again)&ots=B35rZi9suU&sig=Y5EpNldEvSKrOrquCawGsqqTHb4.

[14] E. AlDhaen, "Awareness of occupational health hazards and occupational stress among dental care professionals: Evidence from the GCC region," *Frontiers in public health,* vol. 10, no. September pp. 1-7, 2022. [Online]. Available: https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2022.922748/full.

[15] K. Denewar, "MUSCULOSKELETAL DISORDERS AND ASSOCIATED FACTORS AMONG DENTAL TECHNICIANS," *Egyptian Journal of Occupational Medicine,* vol. 49, no. 1, pp. 53-70, 2025. [Online]. Available: https://journals.ekb.eg/article_406574.html.

[16] M. Pang *et al.*, "Virtual and interprofessional objective structured clinical examination in dentistry and dental technology: development and user evaluations," *JMIR Formative Research,* vol. 8, no. 1, p. e44653, 2024. [Online]. Available: https://formative.jmir.org/2024/1/e44653/.

[17] D. M. Cocârţă, M. Prodana, I. Demetrescu, P. E. M. Lungu, and A. C. Didilescu, "Indoor air pollution with fine particles and implications for workers' health in dental offices: A brief review," *Sustainability,* vol. 13, no. 2, p. 599, 2021. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2071-1050/13/2/599.

[18] M. Sharma, N. Dhiman, S. Kumar, L. Rathour, and V. N. Mishra, "Neutrosophic Monte Carlo simulation approach for decision making in medical diagnostic process under uncertain environment," *Int J Neutrosophic Sci,* vol. 22, no. 1, pp. 08-16, 2023. [Online]. Available: https://www.americaspg.com/articleinfo/21/show/2033.

[19] A. Greasley and J. S. Edwards, "Enhancing discrete-event simulation with big data analytics: A review," *Journal of the Operational Research Society,* vol. 72, no. 2, pp. 247-267, 2021. [Online]. Available: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01605682.2019.1678406.

[20] M. H. Madihi, A. A. Shirzadi Javid, and F. Nasirzadeh, "Enhancing risk assessment: An improved Bayesian network approach for analyzing interactions among risks," *Engineering, Construction and Architectural Management,* vol. 32, no. 3, pp. 2022-2043, 2025. [Online]. Available: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ecam-07-2023-0774/full/html.

[21] Correa-Vaca, A. M., Miralles, C., Márquez-Sánchez, F., & Vergara-Romero, A. "Circular Economy Based on Reverse Logistics: A Systematic Literature Review". Kurdish Studies, vol. 12, num. 1. 2023. Availble: https://www.researchgate.net/profile/Fidel-Marquez-Sanchez/publication/377874532_Circular_Economy_Based_on_Reverse_Logistics_A_Systematic_Literature_Review/links/65bbb6301e1ec12eff690232/Circular-Economy-Based-on-Reverse-Logistics-A-Systematic-Literature-Review.pdf

[22] Von Feigenblatt, O. F. "El retorno del generalista: las humanidades, las artes liberales y la inteligencia artificial". Revista Internacional del Instituto de Pensamiento Liberal, vol. 1, num. 1, pp 37-50, 2024. Availble: https://doi.org/10.51660/ripl.v1i1.9

[23] Estupiñán, C. P., Ortega, R. S., Márquez-Sánchez, F., & Romero, A. V. "Soberanía alimentaria desde la política pública y sus argumentos: Food sovereignty from public policy and its arguments". REVISTA CIENTÍFICA ECOCIENCIA, vol. 8, pp 79-93, 2021. Availble: https://doi.org/10.21855/ecociencia.80.635

[24] López Gutiérrez, J. C., Pérez Ones, I., Estupiñán Ricardo, J., & Ramos Carpio, J. P. "Integrating Neutrosophic Theory into Regression Models for Enhanced Prediction of Uncertainty in Social Innovation Ecosystems". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp 18, 2024. Availble: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol71/iss1/18/

[25] von Feigenblatt, O. F. "Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies", pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025. Availble: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-9881-0_7

[26] Sánchez, F. M. "¿ Qué universidad necesitamos para enfrentar los retos del desarrollo?". Revista Uniandes Episteme, vol. 11, num. 3, pp. 305-307, 2024. Availble: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9948108.pdf

[27] von Feigenblatt Rojas, O. F. "Presentación del campo emergente de la Diplomacia Académica". Revista Universidad y Sociedad, vol. 15, num. 2, pp. 316-325, 2023. Availble: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202023000200316&script=sci_arttext

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 23, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Análisis multineutrosófico para el diseño de dispositivos dentales funcionales basados en el plano de Camper

Multineutrosophic analysis for the design of functional dental devices based on the Camper plane

Johanna Elizabeth Fiallos Sánchez [1], Jessica Sayonara Suárez López [2], and Gabriela Lizeth Carrera Guanga [3]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.johannafs23@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.jessicasl@uniandes.edu.ec
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.gabrielacg89@uniandes.edu.ec

Resumen. La ortopedia dental ha optimizado la función masticatoria mediante pistas planas, donde la efectividad depende de una confección precisa basada en el plano de Camper. Por consiguiente, este estudio se orientó en promover el uso de dicho plano como referencia diagnóstica y terapéutica, a través de un análisis multineutrosófico que integre variables técnicas, económicas y humanas. La metodología permitió evaluar cómo estas dimensiones inciden en la funcionalidad y aplicabilidad de dispositivos basados en el plano de Camper, en especial en entornos clínicos con recursos limitados. Los resultados evidenciaron que una orientación adecuada del plano de Camper mejora la biomecánica de los dispositivos, pero su eficacia requiere también viabilidad económica y aceptación clínica. Se concluyó que el uso del plano de Camper representa una estrategia que eleva la precisión diagnóstica y la calidad terapéutica. Además, promueve la implementación sostenible de tecnologías ortopédicas, al contribuir a una atención odontológica equitativa y eficiente.

Palabras Claves: ortopedia dental, pistas planas, plano de camper, diagnóstico ortodóntico, multineutrosofía.

Abstract. Dental orthopedics has optimized masticatory function through the use of flat bite planes, whose effectiveness depends on precise fabrication based on the Camper plane. Consequently, this study aimed to promote the use of the Camper plane as a diagnostic and therapeutic reference by means of a multineutrosophic analysis that integrates technical, economic, and human variables. The methodology enabled an evaluation of how these dimensions influence the functionality and applicability of devices guided by the Camper plane, particularly in clinical settings with limited resources. The results demonstrated that accurate orientation of the Camper plane enhances the biomechanical performance of such devices; however, their effectiveness also depends on economic feasibility and clinical acceptance. It was concluded that the use of the Camper plane represents a strategy that improves diagnostic precision and therapeutic quality. Moreover, it supports the sustainable implementation of orthopedic technologies by contributing to more equitable and efficient dental care.

Keywords: dental orthopedics, flat planes, camper's plane, orthodontic diagnosis, multineutrosophy.

1 Introducción

Las Pistas Planas Directas (PPD) son dispositivos funcionales de acción bimaxilar que tienen como objetivo la rehabilitación neuroclusal en etapas tempranas del desarrollo [1]. Su propósito principal es favorecer la restauración de los movimientos funcionales de lateralidad mandibular y evidenciar alteraciones en la dinámica masticatoria. Estas pistas, desarrolladas por el Dr. Pedro Planas, constituyen una herramienta en ortopedia funcional, debido que promueven tanto la estética como la correcta funcionalidad del sistema estomatognático [2].

En consecuencia, estos dispositivos actúan por presencia pasiva, sin ejercer presión o retención sobre las estructuras bucales, al permitir que el paciente los lleve durante todo el día, retirándolos únicamente durante las comidas, para realizar una adecuada higiene bucal y recolocarlos de inmediato [3]. De hecho, la constancia en su

utilización resulta determinante, dado que las respuestas del desarrollo óseo se desencadenan inmediatamente después de cada estímulo masticatorio. Entre las principales funciones de las pistas planas destacan [4]:

- Facilitar el contacto sin interferencias entre las placas superior e inferior,
- Permitir los movimientos mandibulares de lateralidad,
- Establecer un plano oclusal fisiológico,
- Rehabilitar la articulación temporomandibular (ATM),
- Corregir distoclusiones,
- Frenar mesioclusiones y
- Contribuir a la eliminación de mordidas cruzadas.

Inclusive, el plano de Camper adquiere notabilidad como herramienta diagnóstica y de planificación en tratamientos ortodónticos y restaurativos. No obstante, su medición suele estar sujeta a errores debido a la ausencia de métodos estandarizados y a las variaciones anatómicas individuales entre pacientes [5].

Por otro lado, durante el proceso formativo, tanto teórico como práctico, se ha identificado una problemática recurrente en la elaboración de pistas planas en acrílico. Entre ellas, las dificultades para obtener medidas exactas a partir de modelos de yeso. Esta imprecisión conlleva la producción de aparatos sobredimensionados o subdimensionados, al ocasionar molestias al paciente como lesiones, fricción, dolor, y, en consecuencia, rechazo al uso del aparato, al afectar directamente la eficacia del tratamiento ortopédico funcional [6,21].

Estas limitaciones impactan negativamente en la precisión diagnóstica y en los resultados clínicos, al justificar la necesidad de desarrollar un método confiable y preciso para la determinación del plano de Camper. Incluso que optimice la evaluación y planificación del tratamiento en pacientes con maloclusiones y alteraciones en la alineación dental. Frente a esta situación, el presente estudio tiene como objetivo general:

- Implementar el uso del plano de Camper como referencia, mediante un análisis multineutrosófico, con el fin de mejorar la precisión diagnóstica, la planificación terapéutica y la elaboración de pistas planas en diversos entornos clínicos.

2. Métodos

2.1 Fuentes de la información del estudio.

El estudio se desarrolló mediante la revisión bibliográfica de las fuentes académicas sobre la medición precisa del plano de camper en pacientes con maloclusión. Además de obtener información sobre una muestra seleccionada por conveniencia, al considerar la disponibilidad y accesibilidad de los participantes. Para ello, se estableció contacto directo con estudiantes y laboratoristas locales a través de visitas presenciales a laboratorios, así como mediante comunicación por correo electrónico y llamadas telefónicas. La colaboración con laboratorios previamente conocidos facilitó la identificación de profesionales dispuestos a participar, al permitir reunir una muestra representativa y adecuada para los fines del estudio.

2.2. Lógica multineutrosófica.

Definition 1 [7]. The *Neutrosophic set N* is characterized by three membership functions, which are the truth-membership function T_A, indeterminacy-membership function I_A, and falsity-membership function F_A, where U is the Universe of Discourse and $\forall x \in U$, $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \subseteq]^{-}0, 1^{+}[$, and $^{-}0 \leq \inf T_A(x) + \inf I_A(x) + \inf F_A(x) \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \leq 3^{+}$.

See that according to the definition, $T_A(x), I_A(x)$, and $F_A(x)$ are real standard or non-standard subsets of $]^{-}0, 1^{+}[$ and hence, $T_A(x), I_A(x)$ and $F_A(x)$ can be sub-intervals of $[0, 1]$. $^{-}0$ and 1^{+} belong to the set of hyperreal numbers.

Definition 2. The *Single-Valued Neutrosophic Set* (SVNS) A over U is $A = \{< x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) > : x \in U\}$, where $T_A: U \to [0, 1]$, $I_A: U \to [0, 1]$ and $F_A: U \to [0, 1]$. $0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$.

Los CNVU surgieron con la idea de aplicar los conjuntos neutrosóficos con fines prácticos. Algunas operaciones entre NNVU se expresan a continuación:

Dados A1 = (a1, b1, c1) y A2 = (a2, b2, c2) dos NNVU se tiene que la suma entre A1 y A2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1 + a_2 - a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2) \tag{1}$$

Dados $A1 = (a1, b1, c1)$ y $A2 = (a2, b2, c2)$ dos NNVU se tiene que la multiplicación entre A1 y A2 se define como:

$$A_1 \ A_2 = (a_1 a_2, b_1 + b_2 - b_1 b_2, c_1 + c_2 - c_1 c_2) \tag{2}$$

El producto por un escalar positivo con un NNVU, A = (a, b, c) se define por:

$$A = (1 - (1 - a), b, c) \tag{3}$$

The *Single-Valued Neutrosophic Number* (SVNN) is symbolized by

$N = (t, i, f)$, such that $0 \leq t, i, f \leq 1$ and $0 \leq t + i + f \leq 3$.

Definition 3. The Subset Refined Neutrosophic Set (SRNS).

Let $\mathcal{U}$ be a universe of discourse, and a set $R \subset \mathcal{U}$. Then a Subset Refined Neutrosophic R is defined as follows: $R = \{x, x(T, I, F), x \in U\}$, where T is refined/split into p sub-truths, $T = \langle T_1, T_2, \dots T_p \rangle, T_j \subseteq [0,1], 1 \leq j \leq p$; I is refined/split into r sub-indeterminacies, $I = \langle I_1, I_2, \dots I_r \rangle, I_k \subseteq [0,1], 1 \leq k \leq r$, and F is refined/split into s sub-falsehoods, $F = \langle F_1, F_2, \dots F_l \rangle, F_s \subseteq [0,1], 1 \leq l \leq s$, where $p, r, s \geq 0$ are integers, and $p + r + s = n \geq 2$, and at least one of $p, r, s \; is \geq 2$ in order to ensure the existence of refinement (splitting).

Definition 4 ([8])**.** The MultiNeutrosophic Set (or Subset MultiNeutrosophic Set SMNS).

Let $\mathcal{U}$ be a universe of discourse and M a subset of it. Then, a MultiNeutrosophic Set is: $M = \{x, x(T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)\}, x \in U,$

where p, r, s are integers $\geq 0, p + r + s = n \geq 2$ and at least one of $p, r, s \; is \geq 2$, in order to ensure the existence of multiplicity of at least one neutrosophic component: truth/membership, indeterminacy, or falsehood/nonmembership; all subsets $T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s \subseteq [0,1]$;

$0 \leq \sum_{j=1}^{p} inf\, T_j + \sum_{k=1}^{r} inf\, I_k + \sum_{l=1}^{s} inf\, F_l \leq \sum_{j=1}^{p} sup\, T_j + \sum_{k=1}^{r} sup\, I_k + \sum_{l=1}^{s} sup\, F_l \leq n.$

No other restrictions apply on these neutrosophic multicomponents.

$T_1, T_2, \dots, T_p$ are multiplicities of the truth, each one provided by a different source of information (expert).

Similarly, $I_1, I_2, \dots, I_r$ are multiplicities of the indeterminacy, each one provided by a different source.

And $F_1, F_2, \dots, F_s$ are multiplicities of the falsehood, each one provided by a different source.

The Degree of MultiTruth (MultiMembership), also called *MultiDegree of Truth*, of the element x with respect to the set M are $T_1, T_2, \dots, T_p$.

the Degree of MultiIndeterminacy (MultiNeutrality), also called *MultiDegree of Indeterminacy*, of the element x with respect to the set M are $I_1, I_2, \dots, I_r$.

and the Degree of MultiFalsehood (MultiNonmembership), also called *MultiDegree of Falsehood*, of element x with respect to the set M are $F_1, F_2, \dots, F_s$.

All these $p + r + s = n \geq 2$ are assigned by n sources (experts) that may be:

- either totally independent;
- or partially independent and partially dependent;
- or totally dependent; according or as needed to each specific application.

A generic element x with regard to the MultiNeutrosophic Set A has the form:

$x(T_1, T_2, \dots, T_p;$	$I_1, I_2, \dots, I_r;$	$F_1, F_2, \dots, F_s)$
multi-truth	multi-indeterminacy	multi-falsehood

In many particular cases $p = r = s$, and a source (expert) assigns all three degrees of truth, indeterminacy, and falsehood T_j, I_j, F_j for the same element.

Definition 5. Ranking n-valued MultiNeutrosophic tuples of different (p, r, s)–forms.

Let's consider two n-valued multi neutrosophic tuples of the forms (p_1, r_1, s_1) and respectively (p_2, r_2, s_2), where $p_1, r_1, s_1, p_2, r_2, s_2$ are integers ≥ 0, and $p_1 + r_1 + s_1 = n_1 \geq 2$, and at least one of $p_1, r_1, s_1 is \geq 2$, to be sure that we have multiplicity for at least one neutrusophic component (either truth, or indeterminacy, or falsehood); similarly $p_2 + r_2 + s_2 = n_2 \geq 2$, and at least one of $p_2, r_2, s_2 \; is \geq 2$.

Let's take the following Single-Valued Multi Neutrosophic Tulpes (SVMNT):

$SVMNT = (T_1, T_2, \dots, T_p; I_1, I_2, \dots, I_r; F_1, F_2, \dots, F_s)$ of $(p_1, r_1, s_1) - form$, and

$SVMNT' = (T'_1, T'_2, \dots, T'_p; I'_1, I'_2, \dots, I'_r; F'_1, F'_2, \dots, F'_s)$ of $(p_1, r_1, s_1) - form$.

It makes the classical averages of truth (T_a), indeterminancies (I_a) and falsehood (F_a), respectively for $SVMNT = (T_a, I_a, F_a)$ and the averages of truths (T_a), indeterminancies (I_a) and falsehood (F_a) respectively for: $SVMNT = (T'_a, I'_a, F'_a)$. And then it applies the Score (S), Accuracy (A), and Certainty (C) Functions, as for the single valued neutrosophic set:

Compute the Score Function (average of positiveness) (4).

$$S(T_a, I_a, F_a) = \frac{T_a + (1 - I_a) + (1 - F_a)}{3}$$
$$S(T'_a, I'_a, F'_a) = \frac{T'_a + (1 - I'_a) + (1 - F'_a)}{3} \quad (4)$$

i. If $S(T_a, I_a, F_a) \geq S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,

ii. If $S(T_a, I_a, F_a) \leq S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,

iii. And if $S(T_a, I_a, F_a) = S(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$, then go to the second step.

Compute the Accuracy Function (difference between the truth and falsehood) (5).

$$A(T_a, I_a, F_a) = T_a - F_a$$
$$A(T'_a, I'_a, F'_a) = T'_a - F'_a \quad (5)$$

i. If $A(T_a, I_a, F_a) \geq A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,

ii. If $A(T_a, I_a, F_a) \leq A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
iii. And if $A(T_a, I_a, F_a) = A(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$, then go to the third step.

3. Compute the Certainty Function (truth) (6).

$$C(T_a, I_a, F_a) = T_a$$
$$C(T'_a, I'_a, F'_a) = T'_a \quad (6)$$

i. If $C(T_a, I_a, F_a) \geq C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \geq SVMNT'$,
ii. If $C(T_a, I_a, F_a) \leq C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT \leq SVMNT'$,
iii. And if $C(T_a, I_a, F_a) = C(T'_a, I'_a, F'_a)$ then $SVMNT = SVMNT'$ are multi-neutrosophically equal, i.e $T_a = T'_a, I_a = I'_a, F_a = F'_a$, or their corresponding truth, indeterminancy, and falsehood averages are equal.

3. Diseño de dispositivos dentales funcionales basado en el plano de Camper.

3.1. Análisis y procesamiento de datos: Evaluación multineutrosófica de variables.

El diseño y aplicación de un prototipo de pistas planas en función del plano de Camper, orientado al tratamiento de maloclusiones, se sustenta en fundamentos teóricos esenciales de la ortodoncia, ortopedia dental y la innovación tecnológica aplicada a la odontología. En primer lugar, la maloclusión se define como una desalineación de los dientes y estructuras óseas maxilares, que se clasifica en tipos I, II y III, al afectar significativamente la función masticatoria, la estética facial y la salud bucodental en general. La identificación y tratamiento adecuados de estas alteraciones dependen en gran medida de la medición precisa de referencias anatómicas, entre las cuales el plano de Camper adquiere especial significado.

De hecho, el plano de Camper constituye una referencia anatómica clave en ortodoncia y odontología restauradora, donde su adecuada medición permite establecer relaciones espaciales entre estructuras craneofaciales, para la planificación del tratamiento y la evaluación de la oclusión funcional. Debido a su desempeño clínico, resulta imprescindible desarrollar métodos confiables que garanticen su determinación precisa.

Por su parte, las Pistas Planas Directas (PPD) son dispositivos utilizados en ortopedia funcional para la rehabilitación neuroclusal en pacientes pediátricos. Estos aparatos contribuyen a corregir alteraciones en la mordida, restablecer la función masticatoria y guiar el desarrollo óseo de manera fisiológica. La efectividad de las PPD depende directamente de su diseño, fabricación y ajuste individualizado, sin embargo, suelen verse afectadas por diferentes variables en los prototipos basado en el plano de Camper.

El análisis y control de estas variables, tanto determinadas como indeterminadas, permiten el desarrollo y la aplicación exitosa del prototipo [9] [10,22]. Su estudio e integración en el resultado esperado no solo optimizar el diseño del dispositivo, sino también asegurar su viabilidad en diversos entornos clínicos y su integración efectiva en la atención ortopédica dental, en especial en áreas con recursos limitados

A continuación, se presenta la información sobre las variables relacionadas, así como la evaluación multineutrosófica definida mediante rangos de criterios neutrosóficos en el conjunto identificado. Entre ellas se observan:

Variables determinadas:

- Precisión en la medición del plano de Camper (VD1):
  - Rango neutrosófico: *{baja precisión, alta precisión}*.
  - La exactitud con la que se mide el plano de Camper en cada paciente es crucial para garantizar la efectividad del tratamiento ortopédico. Una medición precisa es indispensable para un diagnóstico adecuado y la formulación de un tratamiento exitoso.
- Diseño ergonométrico del prototipo (VD2):
  - Rango neutrosófico: *{poca ergonomía, alta ergonomía}*.
  - El prototipo debe ser funcional y de fácil manejo, al permitir un uso intuitivo y rápido, especialmente en entornos con recursos limitados. Esto asegura que el dispositivo resulte accesible para los profesionales de la salud dental, al optimizar la eficiencia del tratamiento.
- Materiales utilizados (VD3):
  - Rango neutrosófico: *{materiales poco adecuados, materiales óptimos}*.
  - Los materiales seleccionados afectan directamente la durabilidad, precisión y comodidad del prototipo. Es fundamental que estos sean resistentes, ligeros y fáciles de manejar, al garantizar así la seguridad y practicidad en su uso diario.
- Portabilidad y tamaño (VD4):
  - Rango neutrosófico: *{muy voluminoso, muy compacto y liviano}*.
  - El dispositivo debe ser diseñado de manera que resulte compacto y liviano, al facilitar su transporte y utilización en ambientes con infraestructura limitada. La portabilidad es esencial para su adopción en clínicas rurales o en situaciones de atención móvil.
- Interoperabilidad con equipos existentes (VD5):

  - Rango neutrosófico: *{sin compatibilidad, completamente integrado}*.
  - El prototipo debe integrarse armoniosamente con las tecnologías odontológicas actuales (por ejemplo, impresoras 3D y escáneres intraorales), lo que maximiza su utilidad en diversos entornos y facilita su adopción por parte de los profesionales.
- Facilidad de mantenimiento (VD6):
  - Rango neutrosófico: *{difícil mantenimiento, fácil mantenimiento}*.
  - El dispositivo debe ser sencillo de limpiar y mantener, en especial en entornos con recursos limitados para la esterilización. Esta característica permite prolongar la vida útil y asegurar la higiene del prototipo.
- Costo de fabricación y accesibilidad económica (VD7):
  - Rango neutrosófico: *{costo elevado, costo accesible}*.
  - El precio del prototipo debe ser competitivo y accesible para garantizar su adopción en clínicas ubicadas en áreas con restricciones económicas, al constituir un factor clave en la viabilidad del dispositivo.
- Facilidad de personalización (VD8):
  - Rango neutrosófico: *{sin adaptabilidad, altamente personalizable}*.
  - Es imprescindible que el prototipo permita ajustes y modificaciones que se adapten a las distintas maloclusiones y características anatómicas de los pacientes, al ofrecer soluciones específicas para cada caso clínico.

Variables indeterminadas:

- Diversidad anatómica de los pacientes (VI1):
  - Rango neutrosófico: *{homogeneidad, alta diversidad}*.
  - Las variaciones individuales en la anatomía de los pacientes influyen significativamente en la eficacia del prototipo, dado que el plano de Camper puede variar considerablemente entre individuos, al afectar la precisión de la medición y los resultados del tratamiento.
- Competencia y aceptación del personal dental (VI2):
  - Rango neutrosófico: *{baja aceptación, alta aceptación}*.
  - La disposición del personal odontológico a adoptar nuevas tecnologías es determinante para el éxito del dispositivo. La competencia profesional y la apertura hacia innovaciones juegan un rol esencial en su implementación.
- Variabilidad en los métodos de diagnóstico (VI3):
  - Rango neutrosófico: *{alta variabilidad, baja variabilidad}*.
  - Los distintos enfoques para medir y evaluar el plano de Camper pueden generar inconsistencias en los diagnósticos. Las prácticas clínicas variables afectan la efectividad del prototipo, por lo que se debe buscar la estandarización en los métodos.
- Factores socioeconómicos de las poblaciones objetivo (VI4):
  - Rango neutrosófico: *{barreras económicas altas, condiciones socioeconómicas favorables}*.
  - Las condiciones económicas de los pacientes influyen en la disponibilidad y el acceso a recursos para implementar y mantener el dispositivo. Las barreras financieras pueden limitar el acceso a tecnologías avanzadas en determinadas poblaciones.
- Condiciones del entorno clínico (VI5):
  - Rango neutrosófico: *{entorno deficiente, entorno óptimo}*.
  - La infraestructura clínica, en especial en áreas rurales o en entornos móviles, afecta la adaptabilidad del prototipo. Por tanto, se deben de considerar las condiciones reales del entorno para garantizar un uso eficiente del dispositivo.
- Evolución de las necesidades clínicas (VI6):
  - Rango neutrosófico: *{estáticas, altamente dinámicas}*.
  - Las necesidades tanto del personal como de los pacientes suelen cambiar con el tiempo, al exigir que el prototipo se adapte de manera flexible a las demandas emergentes del campo clínico.
- Adopción de nuevas tecnologías (VI7):
  - Rango neutrosófico: *{lenta adopción, rápida adopción}*.
  - El ritmo al que se adoptan las innovaciones tecnológicas en odontología influye directamente en la eficacia y aceptación del prototipo. Una rápida integración de nuevas tecnologías facilita su implementación exitosa.

Por consiguiente, se agrupan las 15 variables propuestas en tres conjuntos, según sus características e influencia en el desarrollo, implementación y éxito del prototipo basado en el plano de Camper. Cada conjunto abarca aspectos clave en el diseño y aplicación del prototipo para garantizar su funcionalidad, accesibilidad y eficacia:

- Conjunto M1. Factores técnicos y funcionales:

- $M1$: $\{VD_1, VD_2, VD_3, VD_4, VD_5\}$
- Este conjunto agrupa las variables que se centran en la precisión, el diseño, los materiales, la portabilidad y la interoperabilidad del prototipo. Por ende, permiten asegurar que el dispositivo sea eficaz y útil en la práctica clínica.

- Conjunto M2: Factores económicos y de accesibilidad
  - $M2$: $\{VD_6, VD_7, VD_8, VI_4\}$
  - Este conjunto se enfoca en el costo, la accesibilidad y la facilidad de mantenimiento, variables clave para garantizar que el prototipo sea viable en contextos con recursos limitados y que sea sostenible en el tiempo.
- Conjunto M3: Factores humanos y ambientales
  - $M3$: $\{VI_1, VI_2, VI_3, VI_5, VI_6, VI_7\}$
  - Este conjunto agrupa las variables relacionadas con la aceptación, la formación, la infraestructura y las necesidades clínicas cambiantes. De modo que garantiza la implementación exitosa y el uso efectivo del prototipo en la práctica clínica.

Para evaluar cada variable dentro de cada conjunto, se utiliza una escala de importancia neutrosófica. Esta escala refleja el peso de cada variable en relación con el desarrollo, implementación y éxito del prototipo portátil basado en el plano de Camper. La evaluación tiene en cuenta su influencia en la funcionalidad, accesibilidad y eficacia del dispositivo en diversos entornos clínicos (ver tabla 1 a la 3). De modo que proporciona una evaluación para cada conjunto, al determinar cuál es el más significativo para el éxito del prototipo, a partir del resultado obtenido de la función score (según la ecuación 4).

Tabla 1: Conjunto M1: Factores técnicos y de diseño. Fuente: Elaboración propia.

Cod.	Variable	Valor neutrosófico $\{\{T\},\{I\},\{F\}\}$
VD1	Precisión en la medición del plano de camper	({0.2,0.9,0.5},{0.1,0.2},{0.2,0.4})
VD2	Diseño ergonométrico del prototipo	({0.8,0.9},{0.1,0.6,0.6},{0.6,0.6})
VD3	Materiales utilizados	({0.9,0.3,0.2},{0.5,0.8},{0.4,0.6,0.3})
VD4	Portabilidad y tamaño	({0.6,0.1},{0.3,0.9,0.6},{0.5,0.2})
VD5	Interoperabilidad con equipos existentes	({0.1,0.1},{0.9,0.6,0.2},{0.7,0.7})

Tabla 2: Conjunto M2: Factores económicos y de accesibilidad. Fuente: Elaboración propia.

Cod.	Variable	Valor neutrosófico $\{\{T\},\{I\},\{F\}\}$
VD6	Facilidad de mantenimiento	({0.6,0.1,0.8},{0.6,0.3},{0.9,0.9,0.2})
VD7	Costo de fabricación y accesibilidad económica	({0.8,0.8,0.4},{0.3,0.5},{0.6,0.4,0.6})
VD8	Facilidad de personalización	({0.1,0.5},{0.3,0.4,0.1},{0.6,0.5})
VI4	Factores socioeconómicos de las poblaciones objetivo	({0.3,0.4,0.3},{0.5,0.2},{0.9,0.3})

Tabla 3: Conjunto M3: Factores económicos y accesibilidad. Fuente: Elaboración propia.

Cod.	Variable	Valor neutrosófico $\{\{T\},\{I\},\{F\}\}$
VI1	Diversidad anatómica de los pacientes	({0.3,0.8,0.9},{0.8,0.9},{0.2,0.6})
VI2	Competencia y aceptación del personal dental	({0.6,0.5,0.4},{0.6,0.5},{0.3,0.1})
VI3	Variabilidad en los métodos de diagnóstico	({0.6,0.1},{0.3,0.9,0.6},{0.5,0.2})
VI5	Condiciones del entorno clínico	({0.1,0.8},{0.2,0.9,0.5},{0.3,0.8})
VI6	Evolución de las necesidades clínicas	({0.8,0.1,0.1},{0.1,0.2},{0.6,0.6,0.9})
VI7	Adopción de nuevas tecnologías	({0.5,0.4,0.1},{0.3,0.7},{0.7,0.7,0.8})

Análisis de los resultados:

Evaluación del conjunto M1 (ver figura 1): Este grupo de variables ha demostrado ser el de mayor incidencia en el diseño y desempeño clínico del prototipo, al alcanzar una valoración de *muy alta importancia*. Tal resultado evidencia su papel preponderante en la efectividad operativa del dispositivo dentro del ámbito de la ortopedia dental. En particular, la exactitud en la medición del plano de Camper (VD1) constituye un requisito esencial para asegurar la correcta orientación biomecánica de las pistas planas directas, lo cual impacta de manera directa en la eficacia terapéutica. Por otro lado, el diseño ergonómico del prototipo (VD2) facilita su manipulación y comprensión por parte del personal clínico, al optimizar su uso incluso en escenarios con limitaciones técnicas o de infraestructura. En conjunto, ambas variables configuran la base estructural del dispositivo y permiten su integración eficiente en entonos clínicos diversos.

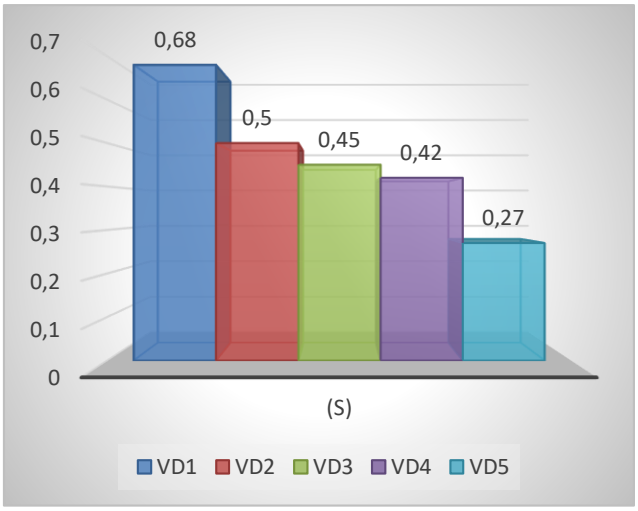


Figura 1: Evaluación del conjunto M-1 mediante la función score (S). Fuente: Elaboración propia.

Evaluación del conjunto M2 (ver figura 2): De forma complementaria, el segundo conjunto obtuvo una valoración de *alta importancia*, al destacarse los términos de sostenibilidad económica y viabilidad social del prototipo. De hecho, el costo de producción del dispositivo (VD7) se configura como un factor determinante en su grado de adopción, en especial en regiones con recursos limitados, donde la relación costo-beneficio condiciona el acceso equitativo a tecnologías innovadoras. Asimismo, los factores socioeconómicos de la población destinataria (VI4) operan como restricciones circunstanciales que facilitan o entorpezcan la implementación, mantenimiento y actualización del prototipo. Por tanto, este conjunto aporta una visión crítica del entorno económico real en el que se pretende insertar el dispositivo, al destacar la necesidad de soluciones técnicamente eficaces y económicamente accesibles.

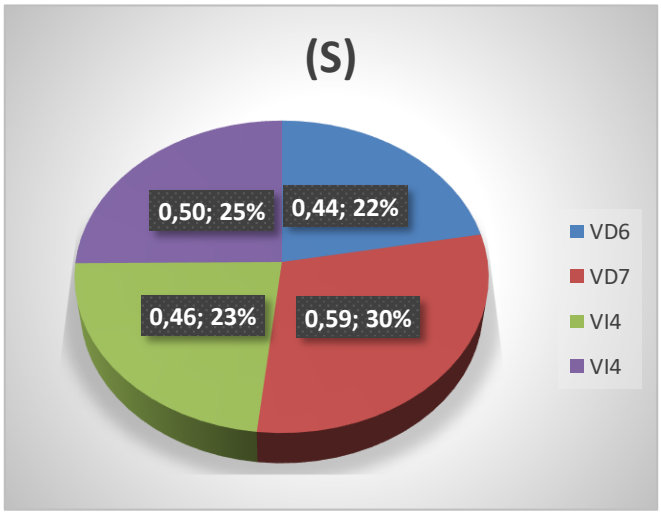


Figura 2: Evaluación del conjunto M2 mediante la función score (S). Fuente: Elaboración propia.

Evaluación del conjunto M3 (ver figura 3). Compuesto por variables de índole humana y ambiental, obtuvo una evaluación de *importancia moderada a alta*, posicionándose como un componente clave para la aceptación, adaptación y sostenibilidad del prototipo a largo plazo. En este sentido, la disposición del personal odontológico a integrar nuevas herramientas tecnológicas (VI2) constituye una condición necesaria para una implementación exitosa. Al mismo tiempo, la capacidad del dispositivo para adaptarse a las transformaciones en las demandas clínicas (VI6) resulta fundamental para garantizar su pertinencia futura. Estas variables, aunque menos tangibles que las del resto de los conjuntos, representan dimensiones críticas que influyen en la permanencia, actualización e integración efectiva del prototipo en la práctica profesional cotidiana

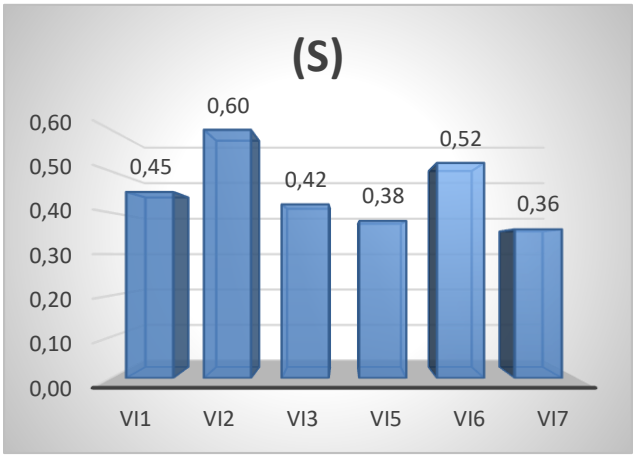


Figura 3: Evaluación del conjunto M3 mediante la función score (S). Fuente: Elaboración propia.

En consecuencia, se evidencia que el éxito integral del prototipo no solo depende de su diseño físico o viabilidad económica, sino también de su aceptación por parte del entorno humano y clínico. La coordinación entre estos tres conjuntos de variables resulta esencial para el desarrollo de una solución tecnológica verdaderamente funcional, sostenible y adaptada al entorno.

En términos de influencia en el desarrollo, el conjunto M1, que engloba los factores técnicos y funcionales, se revela como el más significativo, seguido de cerca por el conjunto M2. Aunque el conjunto M3 presenta una puntuación algo inferior, mantiene una importancia considerable en el análisis. Este resultado refleja que el éxito del prototipo depende principalmente de su precisión, diseño, funcionalidad y capacidad técnica, sin dejar de lado los factores económicos y humanos que garantizan su viabilidad en entornos reales.

Vale la pena señalar, que tanto la ortodoncia como la ortopedia dental son disciplinas que abordan las disfunciones en el crecimiento y desarrollo del aparato estomatognático. En este sentido, la integración de mediciones anatómicas precisas, como el plano de Camper, con dispositivos terapéuticos personalizados, como las pistas planas, resulta indispensable para lograr intervenciones clínicas exitosas.

Asimismo, los avances tecnológicos en odontología han permitido mejorar los procesos diagnósticos y de fabricación de aparatos ortodóncicos mediante herramientas digitales, prototipos funcionales y dispositivos de medición optimizados. Estos desarrollos no solo incrementan la precisión clínica, sino que también agilizan los procedimientos en el laboratorio dental.

Por otro lado, la formación de profesionales en el área de mecánica dental desempeña un papel esencial en la calidad de los tratamientos ortopédicos. La integración de conocimientos teóricos con competencias prácticas resulta indispensable para asegurar la adecuada elaboración y adaptación de los dispositivos, en especial en entornos donde la personalización del tratamiento constituye un factor clave para el éxito clínico.

En relación con ello, la responsabilidad social en salud bucal requiere considerar la equidad en el acceso a servicios especializados. La implementación de unidades móviles, como campers clínicamente equipados, amplía la cobertura de atención ortopédica en comunidades vulnerables, al promover diagnósticos oportunos y tratamientos efectivos.

Por último, la estandarización de los dispositivos terapéuticos permite asegurar la eficacia clínica. Incluso, la homologación de aparatos ortopédicos, como las pistas planas, por parte de profesionales calificados, garantiza el cumplimiento de criterios de calidad en cuanto a funcionalidad, biocompatibilidad y precisión morfológica.

4. Discusión

Los resultados del estudio se ha observado que el plano de Camper —también denominado plano oclusal— representa una herramienta de gran valor clínico en la ortopedia dental. De hecho, su aplicación se ha consolidado como esencial para el diagnóstico, planificación terapéutica y monitoreo de tratamientos relacionados con maloclusiones dentales [11].

En primer lugar, su utilidad como referencia anatómica ha permitido establecer una línea horizontal confiable en la cavidad oral, al favorecer una evaluación precisa de las discrepancias dentoesqueléticas. Esta capacidad diagnóstica ha permitido identificar desviaciones mandibulares, alteraciones oclusales y otras anomalías funcionales que inciden directamente en la salud bucodental del paciente [12,23].

Asimismo, el plano de Camper ha facilitado una planificación terapéutica más estructurada y eficaz, al emplearse como punto de referencia en la elaboración del plan de tratamiento. De modo que proporciona una base objetiva para definir los movimientos dentarios requeridos, al establecer metas clínicas claras y determinar las

modificaciones necesarias para alcanzar una oclusión funcional y estable. En consecuencia, ha optimizado la toma de decisiones terapéuticas tanto en ortodoncia como en ortopedia dental [13].

Durante la fase activa del tratamiento, esta referencia anatómica ha adquirido también una función evaluativa, al registrar y comparar de forma sistemática los cambios en la relación oclusal y la posición mandibular entre las distintas etapas clínicas. De forma que favorece la implementación de ajustes pertinentes con base en los objetivos terapéuticos establecidos [14].

En relación con la fabricación de dispositivos ortopédicos y ortodóncicos, como las pistas planas, férulas funcionales y aparatos removibles, el plano de Camper se ha empleado como guía estructural para establecer su correcta posición intraoral. Esto asegura una relación funcional armónica entre las arcadas y contribuye a la eficacia biomecánica de los dispositivos diseñados [15,24].

De hecho, el análisis multineutrosófico ha indicado que la efectividad de las pistas planas directas depende estrechamente del diseño, fabricación y ajuste individualizado del dispositivo [16]. En este sentido, se ha revelado que las variables técnicas, tales como la precisión en la medición del plano de Camper (VD1) y el diseño ergonométrico del prototipo (VD2), poseen un peso significativo en la funcionalidad del dispositivo. Esta observación es coherente con los principios biomecánicos que rigen la ortopedia dental, en los cuales una correcta orientación del plano oclusal constituye un elemento esencial para el éxito terapéutico [17].

De forma complementaria, el conjunto M2 ha demostrado que variables como el costo de fabricación (VD7), la accesibilidad económica y la facilidad de mantenimiento (VD6), resultan críticas en la adopción del dispositivo en entornos con recursos limitados [18,25]. La evaluación multineutrosófica de estas variables sugiere que, aunque el dispositivo sea técnicamente viable, su implementación efectiva depende en gran medida de su sostenibilidad económica. Esta relación entre accesibilidad y adopción tecnológica resalta la necesidad de políticas de salud que favorezcan la equidad en el acceso a innovaciones clínicas.

Asimismo, se han definido dos variables con peso significativo dentro del el conjunto factores humanos y ambientales (M3), como la aceptación del personal odontológico (VI2) y la evolución de las necesidades clínicas (VI6). Aunque estos factores presentaron una valoración neutrosófica ligeramente inferior respecto a los demás conjuntos, su influencia a largo plazo es determinante. Por tanto, la implementación exitosa de tecnologías innovadoras no solo requiere precisión técnica y viabilidad económica, sino también un entorno clínico dispuesto a integrarlas [19]. Así como, la armonización de los tres conjuntos analizados para lograr una solución integral y sostenible.

Del mismo modo, se ha evidenciado la posibilidad de documentar objetivamente los resultados obtenidos a lo largo del tratamiento, al facilitar el uso de este plano. Por su parte, la comparación longitudinal de registros clínicos en referencia al plano de Camper permite monitorear la evolución del caso y evaluar el éxito terapéutico, además de mejorar la trazabilidad y la calidad de la comunicación clínica entre el equipo multidisciplinario y el paciente [20,26].

Por otra parte, su utilización en la educación del paciente ha tenido un impacto positivo en la comprensión del diagnóstico y en la adherencia al tratamiento. De hecho, al ofrecer una representación visual clara de las maloclusiones presentes y de los objetivos terapéuticos, se fortalece la comunicación clínica, al fomentar así una mayor participación activa del paciente en el proceso terapéutico [11,27].

Finalmente, el plano de Camper ha constituido una base científica estandarizada para la evaluación oclusal, al favorecer la comunicación interprofesional entre odontólogos, ortodoncistas, ortopedistas y técnicos dentales. Su uso como lenguaje común permite compartir criterios diagnósticos y terapéuticos de manera precisa, al promover una atención integral y coordinada.

5. Conclusión

El uso del plano de Camper como referencia anatómica ha demostrado ser esencial para el diagnóstico, planificación y seguimiento de tratamientos ortopédicos dentales, al proporcionar una guía confiable para la evaluación de discrepancias dentoesqueléticas y el establecimiento de una oclusión funcional. Su aplicación ha permitido optimizar la toma de decisiones clínicas, así como mejorar la trazabilidad y la comunicación interprofesional en ambientes terapéuticos.

El análisis multineutrosófico ha sugerido que el éxito de los dispositivos ortopédicos basados en el plano de Camper depende de la interacción entre variables técnicas, económicas y humanas. En este sentido, la precisión en la medición del plano de Camper y el diseño ergonómico del prototipo constituyen elementos primordiales en su funcionalidad. Además, factores como el costo de fabricación, la accesibilidad económica y la aceptación del personal odontológico influyen significativamente en la viabilidad y adopción de estas tecnologías, en especial en entornos con recursos limitados.

Los resultados de la investigación han sugerido que se deben armonizar los criterios diagnósticos, técnicos y sociales en el diseño de tecnologías aplicadas a la ortopedia dental, basados en el plano de Camper. Incluso, fomentar nuevas líneas de trabajo orientadas al desarrollo de dispositivos ergonómicos, accesibles y adaptables, donde su implementación se extienda a otros escenarios clínicos y educativos. De modo que fortalezca la equidad en la atención bucodental y promueva la innovación responsable.

Referencias

[1] S. H. Lee, I.-H. Yang, T.-W. Kim, and I.-S. L. Yeo, "Correlation between Cephalometric Reference Planes for Clinical Application to Articulators," *Journal of Korean Dental Science,* vol. 14, no. 1, pp. 26-31, 2021. [Online]. Available: https://koreascience.kr/article/JAKO202121555109210.page.

[2] D. A. Lentini-Oliveira, "Planas direct tracks to treat functional crossbites in children: scientific evidence," *Jaw Functional Orthopedics and Craniofacial Growth,* vol. 2, no. 2, pp. 24-31, 2022. [Online]. Available: https://www.extrica.com/article/22739.

[3] S. Peroz, I. Peroz, F. Beuer, M. von Stein-Lausnitz, and G. Sterzenbach, "Digital versus conventional complete dentures: A randomized, controlled, double-blinded crossover trial," *The Journal of Prosthetic Dentistry,* vol. 132, no. 1, pp. 132-138, 2024/07/01/ 2024. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022391322002839.

[4] R. Shah, A. Deshpande, and A. Gaikwad, "Early interception of Anterior crossbite using" Posterior Planas Direct Tracts" in primary dentition: A simplified treatment approach," *JIDA: Journal of Indian Dental Association,* vol. 18, no. 8, p. 30, 2024. [Online]. Available: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A15%3A18308527/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A180454276&crl=c&link_origin=scholar.google.es.

[5] M. Moura, M. Marques, A. C. V. Mello-Moura, and S. F. Ramos, "Neuro-Occlusal Rehabilitation (NOR) in the Early Treatment of Malocclusion in Primary Dentition: A Scoping Review," *J Oral Med and Dent Res,* vol. 5, no. 4, pp. 1-58, 2024. [Online]. Available: https://www.genesispub.org/resource/images/articles/pdf497.pdf.

[6] B. Woodsend *et al.*, "Development of intra-oral automated landmark recognition (ALR) for dental and occlusal outcome measurements," *European Journal of Orthodontics,* vol. 44, no. 1, pp. 43-50, 2021. [Online]. Available: https://academic.oup.com/ejo/article/44/1/43/6265540.

[7] E. González Caballero, M. Leyva Vázquez, and F. Smarandache, "On neutrosophic uninorms," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 45, no. 2021, pp. 340-348, 2021. [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol45/iss1/22.

[8] T. A. Al-Tamimi, L. A. Al-Swidi, and A. H. Al-Obaidi, "New Concepts in Partner Multineutrosophic Topological Space," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 24, no. 3, p. 172, 2024. [Online]. Available: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A1%3A16610129/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A180913659&crl=c&link_origin=scholar.google.es.

[9] S. Gahletia and R. K. Garg, "Dismantling barriers in integrating patient-centred care with additive manufacturing to assess the fit of orthodontic retainers for futuristic preventative healthcare," *Progress in Additive Manufacturing,* vol. 10, no. 2, pp. 1063-1084, 2025. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s40964-024-00706-w.

[10] S. M. Ali *et al.*, "Wearable and Flexible Sensor Devices: Recent Advances in Designs, Fabrication Methods, and Applications," *Sensors,* vol. 25, no. 5, p. 1377, 2025. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/1424-8220/25/5/1377.

[11] P. Mazurkiewicz, M. Oblizajek, J. Rzeszowska, E. Sobolewska, H. Ey-Chmielewska, and R. Szymańska-Kozula, "Determining the occlusal plane: a literature review," *CRANIO®,* vol. 40, no. 4, pp. 341-347, 2022. [Online]. Available: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08869634.2019.1703093.

[12] G. Gürel, B. Paolucci, G. Iliev, D. Filtche, and A. Schayder, "A simplified method to develop an interdisciplinary treatment plan: an esthetically and functionally driven approach in three steps," *International Journal of Esthetic Dentistry,* vol. 16, no. 1, p. 76, 2021. [Online]. Available: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A12%3A23657884/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A149915496&crl=c&link_origin=scholar.google.es.

[13] M. Gurgel *et al.*, "Three-dimensional comparison between the effects of mandibular advancement device and maxillomandibular advancement surgery on upper airway," *BMC Oral Health,* vol. 23, no. 1, p. 436, 2023. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-023-03125-5.

[14] N. K. Tanna, A. A. AlMuzaini, and M. Mupparapu, "Imaging in orthodontics," *Dental Clinics,* vol. 65, no. 3, pp. 623-641, 2021. [Online]. Available: https://www.dental.theclinics.com/article/S0011-8532(21)00020-3/abstract.

[15] M. Kouhi *et al.*, "Recent advances in additive manufacturing of patient-specific devices for dental and maxillofacial rehabilitation," *Dental Materials,* vol. 40, no. 4, pp. 700-715, 2024/04/01/ 2024. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S010956412400023X.

[16] İ. C. Büyükkırlı, M. Tokmak, and B. E. Pehlivanoğlu, "Effect of Ergonomic Factors on Musculoskeletal Disorders in Dentists," *BAU HEALTH AND INNOVATION,* vol. 2, no. 1, pp. 116-119. [Online]. Available: https://jag.journalagent.com/bauhi/pdfs/BAUH-02886-REVIEW-BUYUKKIRLI.pdf.

[17] H. L. Ornaghi Jr, F. M. Monticeli, and L. D. Agnol, "A Review on Polymers for Biomedical Applications on Hard and Soft Tissues and Prosthetic Limbs," *Polymers,* vol. 15, no. 19, p. 4034, 2023. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2073-4360/15/19/4034.

[18] F. Sanfilippo, M. Økter, J. Dale, H. M. Tuan, M. H. Zafar, and M. Ottestad, "Open-source design of low-cost sensorised elastic actuators for collaborative prosthetics and orthotics," *HardwareX,* vol. 19, no. September pp. 1-21, 2024/09/01/ 2024. [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468067224000580.

[19] M. Pang *et al.*, "Virtual and interprofessional objective structured clinical examination in dentistry and dental technology: development and user evaluations," *JMIR Formative Research,* vol. 8, no. January, pp. 1-20, 2024. [Online]. Available: https://formative.jmir.org/2024/1/e44653/.

[20] P. Valério, M. R. Xavier, S. Terçaroli, A. Machado, and M. Gribel, "Occlusal plane parallel to camper plane: reality or fallacy? A tomographic study on human Sambaqui skeletal remains," *Jaw Functional Orthopedics and Craniofacial Growth,* vol. 2, no. 1, pp. 4-10, 2022. [Online]. Available: https://www.extrica.com/article/22418.

[21] Correa-Vaca, A. M., Miralles, C., Márquez-Sánchez, F., & Vergara-Romero, A. "Circular Economy Based on Reverse Logistics: A Systematic Literature Review". Kurdish Studies, vol. 12, num. 1. 2023. Availble: https://www.researchgate.net/profile/Fidel-Marquez-Sanchez/publication/377874532_Circular_Economy_Based_on_Reverse_Logistics_A_Systematic_Literature_Review/links/65bbb6301e1ec12eff690232/Circular-Economy-Based-on-Reverse-Logistics-A-Systematic-Literature-Review.pdf

[22] Von Feigenblatt, O. F. "El retorno del generalista: las humanidades, las artes liberales y la inteligencia artificial". Revista Internacional del Instituto de Pensamiento Liberal, vol. 1, num. 1, pp 37-50, 2024. Availble: https://doi.org/10.51660/ripl.v1i1.9

[23] Estupiñán, C. P., Ortega, R. S., Márquez-Sánchez, F., & Romero, A. V. "Soberanía alimentaria desde la política pública y sus argumentos: Food sovereignty from public policy and its arguments". REVISTA CIENTÍFICA ECOCIENCIA, vol. 8, pp 79-93, 2021. Availble: https://doi.org/10.21855/ecociencia.80.635

[24] López Gutiérrez, J. C., Pérez Ones, I., Estupiñán Ricardo, J., & Ramos Carpio, J. P. "Integrating Neutrosophic Theory into Regression Models for Enhanced Prediction of Uncertainty in Social Innovation Ecosystems". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp 18, 2024. Availble: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol71/iss1/18/

[25] von Feigenblatt, O. F. “Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies”, pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025. Availble: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-9881-0_7

[26] Sánchez, F. M. "¿ Qué universidad necesitamos para enfrentar los retos del desarrollo?". Revista Uniandes Episteme, vol. 11, num. 3, pp. 305-307, 2024. Availble: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9948108.pdf

[27] von Feigenblatt Rojas, O. F. "Presentación del campo emergente de la Diplomacia Académica". Revista Universidad y Sociedad, vol. 15, num. 2, pp. 316-325, 2023. Availble: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202023000200316&script=sci_arttext

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 23, 2025

Neutrosophic Computing and Machine Learning, Vol. 37, 2025
University of New Mexico

Aplicación del n-SuperHyperGraph plitogénico en el análisis de agenesias dentales no sindrómicas y sus implicaciones oclusales

Application of plithogenic n-SuperHyperGraph in the analysis of nonsyndromic dental agenesis and its occlusal implications

Verónica Alejandra Salame Ortiz[1], Richard Omar Moreano Moreano[2], Rómulo Guillermo López Torres[3], and Karla Belén Amancha Salguero[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.veronicasalame@uniandes.edu.ec
[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. richard.moreano44@gmail.com
[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. ua.romulolopez@uniandes.edu.ec
[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. oa.karlabas24@uniandes.edu.ec

Resumen. La agenesia dental no sindrómica se ha presentado como una alteración del desarrollo frecuente en la dentición permanente, con implicaciones funcionales y estéticas durante la etapa de crecimiento. Por ende, el presente estudio identificó la relación entre agenesia dental no sindrómica en tres planos del espacio (sagital, vertical y transversal) y la presencia de maloclusiones en pacientes pediátricos de 9 a 12 años en el análisis integral de los datos clínicos, estructurado mediante un Plithogenic n-SuperHyperGraph. Como resultado, se observó una prevalencia de agenesia, con predominio en el sexo masculino y en la arcada mandibular. Incluso, se evidenció una asociación significativa entre la agenesia y las maloclusiones, al destacar las mordidas cruzadas, sobremordida profunda y reducción del resalte. En conclusión, se apreció que la agenesia dental no sindrómica influye en el desarrollo de desequilibrios oclusales, por lo que su detección temprana resulta clave para una intervención ortodóncica adecuada.

Palabras Claves: anomalías dentales, plano sagital, secuencia de erupción, ausencia dentaria, plithogenic n-SuperHyperGraphs.

Abstract. Nonsyndromic dental agenesis has been identified as a frequent developmental anomaly in the permanent dentition, with both functional and aesthetic implications during the growth phase. Accordingly, the present study examined the relationship between nonsyndromic dental agenesis across the three spatial planes (sagittal, vertical, and transverse) and the presence of malocclusions in pediatric patients aged 9 to 12 years, through a comprehensive analysis of clinical data structured using a Plithogenic n-SuperHyperGraph. The results revealed a notable prevalence of agenesis, predominantly in male patients and in the mandibular arch. Moreover, a significant association was observed between dental agenesis and malocclusions, particularly involving crossbites, deep overbite, and reduced overjet. In conclusion, nonsyndromic dental agenesis was found to influence the development of occlusal imbalances, underscoring the importance of early detection for appropriate orthodontic intervention.

Keywords: dental anomalies, sagittal plane, eruption sequence, tooth absence, plithogenic n-SuperHyperGraphs.

1. Introducción

A nivel mundial, las maloclusiones constituyen el segundo problema de salud bucodental más prevalente en la población pediátrica [1]. En paralelo, la agenesia dental no sindrómica, definida como la ausencia congénita de uno o más órganos dentales, representa una de las anomalías craneofaciales más comunes del desarrollo, al manifestarse tanto en la dentición temporal como en la permanente [2]. Esta condición se origina a partir de un desorden heterogéneo que interfiere en el desarrollo normal de la lámina dental, al impedir así la formación del germen dentario.

En cuanto a la localización anatómica de las piezas ausentes, los terceros molares, los incisivos laterales superiores y los segundos premolares inferiores son los órganos dentales con mayor frecuencia de agenesia [3]. Esta ausencia se manifiesta de manera bilateral, al presentarse de forma esporádica o con un patrón familiar hereditario [4].

Durante la dentición temporal, la agenesia suele ser evidente debido a la ausencia de erupción del diente correspondiente. No obstante, en la dentición permanente, la sospecha se genera cuando el órgano dental temporal no realiza adecuadamente el proceso de exfoliación [5,21]. En este sentido, el diagnóstico definitivo se establece mediante exámenes radiográficos, que permiten confirmar la ausencia del germen dentario. Cabe señalar que la condición no se clasifica como agenesia dental no sindrómica cuando la ausencia está vinculada a síndromes genéticos específicos.

Desde una perspectiva etiológico, esta alteración tiene un origen multifactorial, en el que intervienen factores genéticos y ambientales que afectan los mecanismos de la odontogénesis. En particular, mutaciones en los genes *PAX9* y *MSX1* han sido asociadas con la aparición de esta anomalía [6].

De hecho, las consecuencias clínicas de la agenesia dental abarcan una amplia gama de alteraciones dentomaxilofaciales que comprometen funciones esenciales como la masticación, la fonación, la deglución y la respiración. Diversos estudios han documentado que los pacientes no sindrómicos con hipodoncia severa (al afectar a tres o más dientes) presentan retroinclinación de los incisivos superiores. Inclusive, se ha observado una reducción del tamaño maxilar, al existir una mayor prevalencia de maloclusiones de Clase III —generalmente por deficiencia maxilar— y disminución de la dimensión vertical a nivel dental y esquelético [7].

En consecuencia, el diseño de un plan de tratamiento destinado a pacientes que padecen de agenesia dental no sindrómica plantea un desafío, dado que existe la posibilidad de que cualquier órgano dental se vea comprometido. De hecho, las opciones terapéuticas abarcan la opción de cerrar espacios o lograr la expansión del espacio disponible para facilitar la posterior inserción de prótesis o implantes [8,22]. En el caso de la maloclusión, se logra tratar mediante un tratamiento de ortopedia u ortodoncia.

Por lo tanto, se debe generar evidencia científica de alta calidad, sustentada en la revisión sistemática de literatura, análisis radiográfico y evaluación clínica mediante fotografías intraorales y extraorales. De modo que permita dilucidar con mayor precisión la relación entre la ausencia de órganos dentales y la aparición de maloclusiones. En efecto, este desafío constituye una razón adicional para continuar con investigaciones de este tipo, que contribuyan al corpus de conocimiento. Por consiguiente, este tipo de evidencia es altamente valorado en naciones líderes en investigación, al plantear un desafío significativo para países latinoamericanos como Ecuador, donde poco se conoce sobre esta condición. Por lo anterior referido, el presente estudio tiene como objetivo identificar la relación entre agenesia dental no sindrómica en tres planos del espacio (sagital, vertical y transversal) y la presencia de maloclusiones en pacientes pediátricos de 9 a 12 años.

2. Métodos

2.1 Plithogenic n-SuperHyperGraphs

For the structuring of the study and the comprehensive analysis of interrelated variables, Plithogenic n-SuperHyperGraphs were applied. These were defined by Smarandache in the field of decision-making in [9] [10]. First, an n-SuperHyperGraph is defined as follows:

Given $V = \{V_1, V_2, \cdots, V_{\mathrm{m}}\}$, where $1 \leq \mathrm{m} \leq \infty$ is a set of vertices, containing *Single Vertices* which are classical, *Indeterminate Vertices* which are unclear, vague, partially known, and the *Null Vertices* that are empty or completely unknown.

$P(V)$ is the power set of V including $\emptyset$. $P^n(V)$ is the n-power set of V, which is defined recursively as follows:

$P^1(V) = P(V)$, $P^2(V) = P\big(P(V)\big)$, $P^3(V) = P\big(P^2(V)\big)$, … , $P^n(V) = P\big(P^{n-1}(V)\big)$, for $1 \leq \mathrm{n} \leq \infty$. Where it is also defined as $P^0(V) = V$.

An n-SuperHyperGraph (*n-SHG*) is an ordered pair $n - SHG = (G_n, E_n)$, where $G_n \subseteq P^n(V)$ and $E_n \subseteq P^n(V)$, for $1 \leq \mathrm{n} \leq \infty$. Such that, G_n is the set of vertices and E_n is the set of edges.

G_n contains all possible types of vertices as in the real world:

- *Single Vertices* (the classics),
- *Indeterminate Vertices* (unclear, vague, partially known),
- *Null Vertices* (empty, totally unknown),
- *SuperVertex* (or *SubsetVertex*) contains two or more vertices of the above types put together as a group (organization).
- *n- SuperVertex* which is a collection of vertices, where at least one of them is a *(n-1)- SuperVertex,* and the others can be *r- SuperVertex* for $r \leq \mathrm{n} - 1$.

E_n contains the following types of edges:

- *Single Edges* (the classics),
- *Indeterminate Edges* (unclear, vague, partially known),
- *Null Edges* (totally unknown, empty),
- *HyperEdge* (connecting three or more single vertices),

- *SuperEdge* (connecting two vertices, at least one of them is a SuperVertex),
- *n- SuperEdge* (connecting two vertices, at least one of them is an n- SuperVertex and may contain another that is an r-SuperVertex with $r \leq$ n).
- *SuperHyperEdge* (connects three or more vertices, where at least one of them is a SuperVertex),
- *n-SuperHyperEdge* (contains three or more vertices, at least one of which is an n-SuperVertex and may contain an r-SuperVertex with $r \leq$ n),
- *MultiEdge* (two or more edges connecting the same two vertices),
- *Loop* (an edge that connects an element to itself),

Graphs are classified as follows:

- Directed Graph (the classic one),
- Undirected Graph (the classic one),
- Neutrosophic Directed Graph (partially directed, partially undirected, partially indeterminate directed).

Within the framework of the theory of Plithogenic n-SuperHyperGraphs, we have the following concepts:

Enveloping vertex: A vertex representing an object comprising attributes and sub-attributes in the graphical representation of a multi-attribute decision-making environment.

SuperEnveloping vertex: An enveloping vertex comprises of SuperHyperEdges.

Dominant Enveloping Vertex: An enveloping vertex that is with dominant attribute values.

Dominant Super Enveloping Vertex: A super enveloping vertex with dominant attribute values.

Dominant Enveloping Vertex is classified into *input*, *intervene,* and *output* based on the nature of the object's representation.

Plithogenic Connectors: The connectors associate the input enveloping vertex with the output enveloping vertex. These connectors associate the effects of input attributes with output attributes and these connectors are weighted by plithogenic weights.

2.2. Fuentes de información y procesamiento de los datos

Diseño del estudio: El estudio adoptó un enfoque observacional y descriptivo, centrado en observar y describir el grado de maloclusión en niños con agenesia dental no sindrómica, al utilizar la clasificación tridimensional de Ackerman y Proffit. Al ser un estudio de corte transversal, la recolección de datos se realizó entre abril y junio, lo que permitió examinar la relación puntual entre la agenesia dental no sindrómica y los tipos de maloclusión sin intervención terapéutica ni experimental.

Población y muestra: La población estuvo compuesta por niños de 9 a 12 años de la Unidad Educativa Dr. Trajano Naranjo Iturralde en Latacunga, con un total de 273 posibles participantes. Dado el tamaño limitado de la población accesible, se utilizó un muestreo por conveniencia, al aplicar criterios de inclusión y exclusión para seleccionar a los sujetos que cumplían con los requisitos del estudio.

Criterios de inclusión y exclusión: Se incluyeron niños menores de 12 años matriculados en el período escolar 2022-2023, con consentimiento informado y asentimiento del niño. Los participantes debían estar presentes durante la recolección de datos y no presentar antecedentes de síndromes genéticos o enfermedades que afectaran la dentición. Se excluyeron aquellos con ausencias dentales por causas como caries o traumatismos, mayores de 12 años, sin consentimiento adecuado, o con radiografías insuficientes.

Herramientas de análisis: Se realizó un análisis descriptivo de las características sociodemográficas y un análisis de asociación entre la agenesia dental no sindrómica y los tipos de maloclusión mediante la prueba de Chi-cuadrado, a partir del procesamiento de los datos mediante el software estadístico SPSS versión 21. De igual forma, la magnitud de la asociación se determinó al utilizar la prueba V de Cramer.

Procedimiento: El estudio inició con la aprobación institucional y una reunión informativa con los niños y sus representantes legales para asegurar el consentimiento. La recolección de datos se dividió en tres fases:

1. Examen clínico intraoral de los 273 estudiantes para detectar posibles casos de agenesia dental.
2. Evaluaciones radiográficas panorámicas para confirmar la ausencia del germen dental, al seleccionar a siete niños con agenesia dental no sindrómica confirmada.
3. Recolección de datos sociodemográficos, fotográficos y clasificación de maloclusión según Ackerman y Proffit, con posterior análisis estadístico para identificar patrones de maloclusión y establecer relaciones significativas entre las variables.

3. Comportamiento de agenesia dental no sindrómica en la unidad educativa.

3.1 Plithogenic n-SuperHyperGraph en la representación de las variables implicadas.

Vertex, vertex attributes, vertex sub attributes, and vertex sub sub attributes: En este estudio, los vértices (V) están representados por las distintas dimensiones que influyen en el análisis de la agenesia dental no sindrómica y sus implicaciones oclusales en la población compuesta por niños de 9 a 12 años de la Unidad Educativa Dr.

Trajano Naranjo Iturralde en Latacunga. De hecho, el modelo Plithogenic n-SuperHyperGraph abarca tres dimensiones definidas por *datos sociodemográficos (V_1), agenesia dental no sindrómica (V_2)* y la *clasificación tridimensional de las maloclusiones (V_3),* (ver tabla 1). El envolvente dominante de este estudio (V_{21}), se encuentra relacionado con los atributos y sub-atributos de las siguientes categorías: económica, ambiental y social-cultural, así como sus respectivas frecuencias (ver tabla 2).

Tabla 1: Estructura del plitogenic n-SuperHyperGraph del estudio. Fuente: Elaboración propia.

Dimensión / Vertex	Vertex attributes	Vertex sub attributes	Vertex sub sub attributes
Datos sociodemográficos (V_1)	Género (V_{11})	Masculino (V_{111})	$\{Frecuencia, \%\}$
		Femenino (V_{112})	$\{Frecuencia, \%\}$
	Edad (V_{12})		$\{9,10,11\}$
	Lugar de residencia (V_{13})	Urbano (V_{131})	$\{Frecuencia, \%\}$
		Rural (V_{132})	$\{Frecuencia, \%\}$
Agenesia dental no sindrómica (V_2)	Órganos dentales ausentes (V_{21})	-	$\{Órgano\ , Cantidad, \%\}$
	Maxilares afectados (V_{22})	-	$\{Maxilar\ , Mandíbula, \%\}$
Maloclusiones (V_3)	Disgnacia transversales (V_{31})	Mordida cruzada (V_{311})	$\{unilateral, bilateral, normal\}$
		Mordida en tijera invertida (V_{312})	$\{no\ presente, si\ presente\}$
	Disgnacias Verticales (V_{32})	Mordida abierta anterior (V_{321})	$\{N/A, No\}$
		Abierta posterior (V_{322})	$\{Sí, No\}$
		Sobre mordida/ Overbite (V_{323})	$\{N/A, < 1mm, 1\ a\ 2{,}5mm, > 2{,}5mm\}$
	Disgnacias sagitales (V_{33})	Relación molar (V_{331})	$\{Clase\ I, Clase\ II, Clase\ III\}$
		Relación canina (V_{332})	$\{Clase\ I, N/A\}$
		Resalte/ Overjet (V_{333})	$\{N/A, < 1mm, 1\ a\ 2{,}5mm, > 2{,}5mm\}$
		Mordida cruzada anterior (V_{334})	$\{N/A, Sí, No\}$

Tabla 2: Frecuencia para cada vértice, atributos del vértice y subatributos. Fuente: Elaboración propia.

	Conexiones SuperHyperEdge	Frecuencia de cada vértice
Análisis del vértice	$\{V_1\} \rightarrow \{V_{11}, V_{12}, V_{13}\}$	ver epígrafe 3.2
Relación	$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{11}, V_{12}\}$	ver epígrafe 3.3
	$\{V_{22}\} \leftrightarrow \{V_{11}, V_{12}\}$	
	$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{311}, V_{312}\}$	ver epígrafe 3.4
	$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{321}, V_{322}, V_{323}\}$	ver epígrafe 3.5
	$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{331}, V_{332}, V_{333}, V_{334}\}$	ver epígrafe 3.6

3.2 Análisis del vértice V_1

El presente estudio permitió determinar las características de la oclusión en niños de 9 a 12 años con agenesia dental no sindrómica en la Unidad Educativa Dr. Trajano Naranjo Inturralde del cantón Latacunga. La población objeto de análisis se sometió a un proceso de selección acorde a los requisitos del estudio. Inicialmente, se contaba con una población de 273 niños pertenecientes a la Unidad Educativa. Posteriormente, se eligió a 14 niños que presentaban la ausencia de al menos una pieza dental. Finalmente, se identificaron 7 niños con diagnóstico confirmado de agenesia dental no sindrómica, tanto a nivel clínico como radiográfico, al representar una prevalencia de 2,6% (ver tabla 3). A partir de esta población se realizó todos los análisis posteriores, donde el 85,7% pertenecieron del género masculino y el 14,3% al femenino. La edad media fue de 9,9 años con una mayor frecuencia de pacientes con 9 años (42,9%), al pertenecer en su mayoría a zonas urbanas (71,4%).

Tabla 3: Datos sociodemográficos de la población. Fuente: Elaborado por Moreano.

Género			Edad			Lugar de residencia		
	Frecuencia	Porcentaje		Frecuencia	Porcentaje		Frecuencia	Porcentaje
Masculino	6	85,7	9 años	3	42,9	Urbano	5	71,4
Femenino	1	14,3	10 años	2	28,6	Rural	2	28,6

Género			Edad			Lugar de residencia		
Total	7	100,0	11 años	2	28,6	Total	7	100,0
			Total	7	100,0			

3.3 Relación $\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{11}, V_{12}\}$

Luego de analizar los datos sociodemográficos de la población, se procedió a observar la relación entre agenesia dental no sindrómica con el sexo y la edad. Se identificó que la mayor parte de los pacientes tuvo ausencia en las piezas 1.2 y 3.2 y solo un paciente con doble ausencia. La mayor parte de la afectación se dio en pacientes con 9 años (ver tabla 4). De igual manera, la mayor parte de los pacientes tuvo afectación a nivel de la mandibular (57,1%) que maxilar (42,9%) (ver tabla 5).

Tabla 4: Relación entre el órgano ausente el género y edad de los pacientes. Fuente: Elaborado por Moreano.

$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{11}\}$		**Agenesia dental no sindrómica - Órgano dental ausente según el sexo**				
		OD. 4.2	**OD. 1.2**	**OD. 3.2**	**OD. 1.2-3.6**	**Total**
Masculino	Recuento	0	2	3	1	6
	% dentro de genero	0,0%	33,3%	50,0%	16,7%	100,0%
Femenino	Recuento	1	0	0	0	1
	% dentro de genero	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
Total	Recuento	1	2	3	1	7
	% dentro de genero	14,3%	28,6%	42,9%	14,3%	100,0%
$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{12}\}$		**Agenesia dental no sindrómica - Órgano dental ausente según la edad**				
		OD. 4.2	OD. 1.2	OD. 3.2	OD. 1.2-3.6	Total
9	Recuento	1	1	1	0	3
	% dentro de edad	33,3%	33,3%	33,3%	0,0%	100,0%
10	Recuento	0	1	0	1	2
	% dentro de edad	0,0%	50,0%	0,0%	50,0%	100,0%
11	Recuento	0	0	2	0	2
	% dentro de edad	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
Total	Recuento	1	2	3	1	7
	% dentro de edad	14,3%	28,6%	42,9%	14,3%	100,0%

Tabla 5: Relación entre el maxilar afectado el género y edad de los pacientes. Fuente: Elaborado por Moreano.

$\{V_{22}\} \leftrightarrow \{V_{11}\}$			**Agenesia dental no sindrómica - Maxilar afectado**		
			Maxilar	**Mandíbula**	**Total**
Genero	Masculino	Recuento	3	3	6
		% dentro de genero	50,0%	50,0%	100,0%
	Femenino	Recuento	0	1	1
		% dentro de genero	0,0%	100,0%	100,0%
Total		Recuento	3	4	7
		% dentro de genero	42,9%	57,1%	100,0%
$\{V_{22}\} \leftrightarrow \{V_{12}\}$			**Agenesia dental no sindrómica - Maxilar afectado**		
			Maxilar	Mandíbula	Total
Edad	9	Recuento	1	2	3
		% dentro de edad	33,3%	66,7%	100,0%
	10	Recuento	2	0	2
		% dentro de edad	100,0%	0,0%	100,0%
	11	Recuento	0	2	2
		% dentro de edad	0,0%	100,0%	100,0%
Total		Recuento	3	4	7
		% dentro de edad	42,9%	57,1%	100,0%

3.4 Relación $\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{311}, V_{312}\}$

A partir de esta identificación, se procedió a analizar la posible relación entre la agenesia dental no sindrómica, según el órgano dental ausente, y el tipo de maloclusión, al considerar los planos transversal, vertical y sagital en los pacientes diagnosticados. Así en el plano transversal se evidenció que solo 3 pacientes presentaron maloclusión transversal/mordida cruzada de tipo unilateral derecha en un 14,3% y bilateral en un 28,6% (ver tabla 6). No se

evidenció diferencias significativas (p = 0,442), sin embargo, se observó correlación entre los parámetros analizados (V de Cramer = 0,645), es decir hay una relación entre el órgano afectado y la maloclusión transversal tipo mordida cruzada. Así mismo en cuanto a la maloclusión transversal/mordida de tijera invertida se evidenció que la mayor parte de los pacientes no lo presentan (71,4%), sin embargo, de aquellos que presentaron (28,6%) no hubo una diferencia significativa, pero si una correlación estrecha al mostrar que la mordida de tijera probablemente si se presenta por la ausencia de un órgano dental (ver tabla 7).

Tabla 6: Relación entre órgano dental ausente y maloclusión transversal tipo mordida cruzada. Fuente: Elaborado por Moreano.

$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{311}\}$			Maloclusión transversal - mordida cruzada					
			Unilateral derecha	Bilateral	Normal	Total	Chi cuadrado	V de Cramer
Órgano dental ausente	OD. 4.2	Recuento	0	0	1	1	0,442	0,645
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%		
	OD. 1.2	Recuento	0	0	2	2		
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%		
	OD. 3.2	Recuento	1	1	1	3		
		% dentro de órgano dental ausente	33,3%	33,3%	33,3%	100,0%		
	OD. 1.2-3.6	Recuento	0	1	0	1		
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%		
Total		Recuento	1	2	4	7		
		% dentro de órgano dental ausente	14,3%	28,6%	57,1%	100,0%		

Tabla 7: Relación entre órgano dental ausente y maloclusión transversal tipo mordida de tijera invertida. Fuente: Elaborado por Moreano.

$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{312}\}$			Maloclusión transversal - Mordida de tijera invertida				
			No presenta	Si presenta	Total	Chi cuadrado	V de Cramer
Órgano dental ausente	OD. 4.2	Recuento	1	0	1	0,292	0,730
		% dentro de órgano dental ausente	100,0%	0,0%	100,0%		
		% del total	14,3%	0,0%	14,3%		
	OD. 1.2	Recuento	2	0	2		
		% dentro de órgano dental ausente	100,0%	0,0%	100,0%		
		% del total	28,6%	0,0%	28,6%		
	OD. 3.2	Recuento	2	1	3		
		% dentro de órgano dental ausente	66,7%	33,3%	100,0%		
		% del total	28,6%	14,3%	42,9%		
	OD. 1.2-3.6	Recuento	0	1	1		
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	100,0%	100,0%		
		% del total	0,0%	14,3%	14,3%		
Total		Recuento	5	2	7		
		% dentro de órgano dental ausente	71,4%	28,6%	100,0%		

3.5 Relación $\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{321}, V_{322}, V_{323}\}$

En cuanto al plano vertical, se analizó la presencia de mordida abierta anterior, posterior y la distancia de sobremordida. Se evidenció que ningún paciente presento mordida abierta anterior, lo que puede estar en relación con la correlación estrecha presentada (V de Cramer = 1), es decir, que la ausencia del órgano dental no es un predisponente para que exista la presencia de mordida abierta anterior (ver tabla 8). Al analizar el plano posterior, se observó que solo un paciente lo presentó (14,3%) y no se obtuvo diferencias significativas ni una correlación estrecha (V de Cramer = 0,471) por lo que se podría mencionar que la ausencia del órgano no es un factor clave para presentar mordida abierta posterior (ver tabla 9). Finalmente se observó que 85,7% de los pacientes presentan sobremordida (overbite) sobre todo con aquellos que tienen ausencia del órgano dental 3.2. Así mismo, un mayor porcentaje de pacientes presentó mayor frecuencia a la distancia de 1 – 2,5 mm (42,9%). Sin embargo, no se observó diferencia significativa, pero si una correlación medianamente estrecha por lo que se podría inferir que la falta de órganos dentarios podría ser un factor que produce sobremordida (ver tabla 10).

Tabla 8: Relación entre órgano dental ausente y maloclusión vertical tipo mordida abierta anterior. Fuente: Elaborado por Moreano.

$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{321}\}$			Maloclusión vertical - Mordida abierta anterior				
			N/A	NO	Total	Chi cuadrado	V de Cramer
Órgano dental ausente	OD. 4.2	Recuento	1	0	1	0,072	1
		% dentro de órgano dental ausente	100,0%	0,0%	100,0%		
		% del total	14,3%	0,0%	14,3%		
	OD. 1.2	Recuento	0	2	2		
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	100,0%	100,0%		
		% del total	0,0%	28,6%	28,6%		
	OD. 3.2	Recuento	0	3	3		
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	100,0%	100,0%		
		% del total	0,0%	42,9%	42,9%		
	OD. 1.2-3.6	Recuento	0	1	1		
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	100,0%	100,0%		
		% del total	0,0%	14,3%	14,3%		
Total		Recuento	1	6	7		
		% dentro de órgano dental ausente	14,3%	85,7%	100,0%		
		% del total	14,3%	85,7%	100,0%		

Tabla 9: Relación entre órgano dental ausente y maloclusión vertical tipo mordida abierta posterior. Fuente: Elaborado por Moreano.

$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{322}\}$			Maloclusión vertical - Mordida abierta posterior				
			SI	NO	Total	Chi cuadrado	V de Cramer
órgano dental ausente	OD. 4.2	Recuento	0	1	1	0,670	0,471
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	100,0%	100,0%		
		% del total	0,0%	14,3%	14,3%		
	OD. 1.2	Recuento	0	2	2		
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	100,0%	100,0%		
		% del total	0,0%	28,6%	28,6%		
	OD. 3.2	Recuento	1	2	3		
		% dentro de órgano dental ausente	33,3%	66,7%	100,0%		
		% del total	14,3%	28,6%	42,9%		
	OD. 1.2-3.6	Recuento	0	1	1		
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	100,0%	100,0%		
		% del total	0,0%	14,3%	14,3%		
Total		Recuento	1	6	7		
		% dentro de órgano dental ausente	14,3%	85,7%	100,0%		
		% del total	14,3%	85,7%	100,0%		

Tabla 10: Relación entre órgano dental ausente y maloclusión vertical tipo Sobremordida/Overbite. Fuente: Elaborado por Moreano.

$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{323}\}$			Maloclusión vertical - Sobremordida/Overbite						
			N/A	<1	1 - 2,5 mm	>2,5 mm	Total	Chi cuadrado	V de Cramer
Órgano dental ausente	OD. 4.2	Recuento	1	0	0	0	1	0,390	0,674
		% dentro de órgano dental ausente	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%		
		% del total	14,3%	0,0%	0,0%	0,0%	14,3%		
	OD. 1.2	Recuento	0	0	1	1	2		
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	0,0%	50,0%	50,0%	100,0%		
		% del total	0,0%	0,0%	14,3%	14,3%	28,6%		
	OD. 3.2	Recuento	0	1	1	1	3		
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	33,3%	33,3%	33,3%	100,0%		

		$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{323}\}$	Maloclusión vertical - Sobremordida/Overbite						
			N/A	<1	1 - 2,5 mm	>2,5 mm	Total	Chi cuadrado	V de Cramer
	OD. 1.2-3.6	% del total	0,0%	14,3%	14,3%	14,3%	42,9%		
		Recuento	0	0	1	0	1		
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%		
		% del total	0,0%	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%		
		Recuento	1	1	3	2	7		
Total		% dentro de órgano dental ausente	14,3%	14,3%	42,9%	28,6%	100,0%		
		% del total	14,3%	14,3%	42,9%	28,6%	100,0%		

3.6 Relación $\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{331}, V_{332}, V_{333}, V_{334}\}$

En consideración al plano sagital se analizó la relación molar, canina, resalte/overjet y mordida cruzada anterior con la agenesia dental no sindrómica presente en los pacientes. En relación molar se evidenció que 85,7% de los pacientes pertenecen a la Clase I, 14,3% a la Clase III y ningún a la Clase II. No se observó diferencias significativas y tampoco una relación estrecha entre los factores por lo que se puede inferir que la agenesia dental no sindrómica no tiene una fuerte influencia sobre la clasificación de la relación molar (ver tabla 11). Por otra parte, en la relación canina se evidenció una fuerte predisposición por la clase I con casi la mayoría de los pacientes (85,7%). Sin embargo, como en el caso anterior no hubo diferencia significativa, pero si una estrecha relación (V de Cramer = 0,740) en los factores, es decir, la agenesia dental no sindrómica puede ser un factor clave en la predisposición por la clase I (ver tabla 12).

Tabla 11: Relación entre órgano dental ausente y maloclusión sagital tipo relación molar. Fuente: Elaborado por Moreano.

		$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{331}\}$	Maloclusión sagital - Relación molar				
			Clase I	Clase III	Total	Chi cuadrado	V de Cramer
Órgano dental ausente	OD. 4.2	Recuento	1	0	1	0,670	0,471
		% dentro de órgano dental ausente	100,0%	0,0%	100,0%		
		% del total	14,3%	0,0%	14,3%		
	OD. 1.2	Recuento	2	0	2		
		% dentro de órgano dental ausente	100,0%	0,0%	100,0%		
		% del total	28,6%	0,0%	28,6%		
	OD. 3.2	Recuento	2	1	3		
		% dentro de órgano dental ausente	66,7%	33,3%	100,0%		
		% del total	28,6%	14,3%	42,9%		
	OD. 1.2-3.6	Recuento	1	0	1		
		% dentro de órgano dental ausente	100,0%	0,0%	100,0%		
		% del total	14,3%	0,0%	14,3%		
Total		Recuento	6	1	7		
		% dentro de órgano dental ausente	85,7%	14,3%	100,0%		
		% del total	85,7%	14,3%	100,0%		

Tabla 12: Relación entre órgano dental ausente y maloclusión sagital tipo relación canina. Fuente: Elaborado por Moreano.

		$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{332}\}$	Maloclusión sagital - Relación canina				
			Clase I	N/A	Total	Chi cuadrado	V de Cramer
Órgano dental ausente	OD. 4.2	Recuento	1	0	1	0,292	0,730
		% dentro de órgano dental ausente	100,0%	0,0%	100,0%		
		% del total	14,3%	0,0%	14,3%		
	OD. 1.2	Recuento	2	0	2		
		% dentro de órgano dental ausente	100,0%	0,0%	100,0%		
		% del total	28,6%	0,0%	28,6%		
	OD. 3.2	Recuento	1	2	3		
		% dentro de órgano dental ausente	33,3%	66,7%	100,0%		
		% del total	14,3%	28,6%	42,9%		
	OD. 1.2-3.6	Recuento	1	0	1		

$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{332}\}$		Maloclusión sagital - Relación canina				
		Clase l	N/A	Total	Chi cuadrado	V de Cramer
	% dentro de órgano dental ausente	100,0%	0,0%	100,0%		
	% del total	14,3%	0,0%	14,3%		
	Recuento	5	2	7		
Total	% dentro de órgano dental ausente	71,4%	28,6%	100,0%		
	% del total	71,4%	28,6%	100,0%		

En cuanto a la distancia presente al analizar la relación resalte/overjet, se observó una mayor frecuencia en la separación <1 mm (57,1%) y una frecuencia igual en 1-2,5 mm y >2,5 mm (14,3%). No se observó una diferencia significativa y tampoco una estrecha relación entre los factores por lo que se puede mencionar que la agenesia no sindrómica no es uno de los factores que predisponen a la distancia presente en el resalte/overjet (ver tabla 13). Finalmente, se observó que la mayoría de los pacientes no presentan mordida cruzada anterior, así mismo, no se obtuvo diferencias significativas, pero si una estrecha relación (V de Cramer = 0,829) por lo que se puede mencionar que la agenesia dental no sindrómica no es un factor que influye en la presencia de mordida cruzada anterior (ver tabla 14).

Tabla 13: Relación entre órgano dental ausente y maloclusión sagital tipo Resalte/Overjet. Fuente: Elaborado por Moreano.

$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{333}\}$			Maloclusión sagital - Resalte/Overjet						
			N/A	<1 mm	1 - 2,5 mm	>2,5 mm	Total	Chi cuadrado	V de Cramer
Órgano dental ausente	OD. 4.2	Recuento	0	1	0	0	1	0,517	0,624
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%		
		% del total	0,0%	14,3%	0,0%	0,0%	14,3%		
	OD. 1.2	Recuento	0	0	1	1	2		
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	0,0%	50,0%	50,0%	100,0%		
		% del total	0,0%	0,0%	14,3%	14,3%	28,6%		
	OD. 3.2	Recuento	1	2	0	0	3		
		% dentro de órgano dental ausente	33,3%	66,7%	0,0%	0,0%	100,0%		
		% del total	14,3%	28,6%	0,0%	0,0%	42,9%		
	OD. 1.2-3.6	Recuento	0	1	0	0	1		
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%		
		% del total	0,0%	14,3%	0,0%	0,0%	14,3%		
Total		Recuento	1	4	1	1	7		
		% dentro de órgano dental ausente	14,3%	57,1%	14,3%	14,3%	100,0%		
		% del total	14,3%	57,1%	14,3%	14,3%	100,0%		

Tabla 14: Relación entre órgano dental ausente y maloclusión sagital tipo mordida cruzada - anterior. Fuente: Elaborado por Moreano.

$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{334}\}$			Maloclusión sagital - Mordida cruzada anterior					
			N/A	SI	NO	Total	Chi cuadrado	V de cramer
Órgano dental ausente	OD. 4.2	Recuento	0	1	0	1	0,141	0,829
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%		
		% del total	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%		
	OD. 1.2	Recuento	1	0	1	2		
		% dentro de órgano dental ausente	50,0%	0,0%	50,0%	100,0%		
		% del total	14,3%	0,0%	14,3%	28,6%		
	OD. 3.2	Recuento	0	0	3	3		
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%		
		% del total	0,0%	0,0%	42,9%	42,9%		
	OD. 1.2-3.6	Recuento	0	1	0	1		
		% dentro de órgano dental ausente	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%		

	$\{V_{21}\} \leftrightarrow \{V_{334}\}$	Maloclusión sagital - Mordida cruzada anterior					
		N/A	**SI**	**NO**	**Total**	**Chi cuadrado**	**V de cramer**
	% del total	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%		
	Recuento	1	2	4	7		
Total	% dentro de órgano dental ausente	14,3%	28,6%	57,1%	100,0%		
	% del total	14,3%	28,6%	57,1%	100,0%		

3.7 Análisis estructural multivariable de la agenesia dental con Plithogenic n-SuperHyperGraph.

En la siguiente figura, se ilustra la arquitectura multivariada del Plithogenic n-SuperHyperGraph aplicado al análisis de agenesia dental no sindrómica y sus implicaciones oclusales. Los vértices se agrupan en tres dimensiones principales: datos sociodemográficos (V_1), características de la agenesia dental (V_2) y tipos de maloclusión (V_3), cada uno con sus respectivos atributos y subatributos.

Se destaca el vértice dominante V_{21} (órganos dentales ausentes), que presenta múltiples conexiones SuperHyperEdge con vértices de las demás dimensiones, al reflejar su influencia en la configuración oclusal (mordidas cruzadas, sobremordida, overjet y relaciones molares) (ver figura 1). De hecho, este análisis mediante el modelo Plithogenic n-SuperHyperGraph permitió identificar relaciones críticas entre la agenesia dental no sindrómica (vértice dominante V_{21} y las demás dimensiones evaluadas). En primer lugar, se evidenció una asociación directa con variables sociodemográficas V_{12}, al destacar una prevalencia mayor en el sexo masculino y en el grupo etario de 9 a 10 años. Asimismo, la localización de los órganos dentales ausentes, principalmente en la mandíbula, estableció vínculos con alteraciones en los tres planos del espacio oclusal.

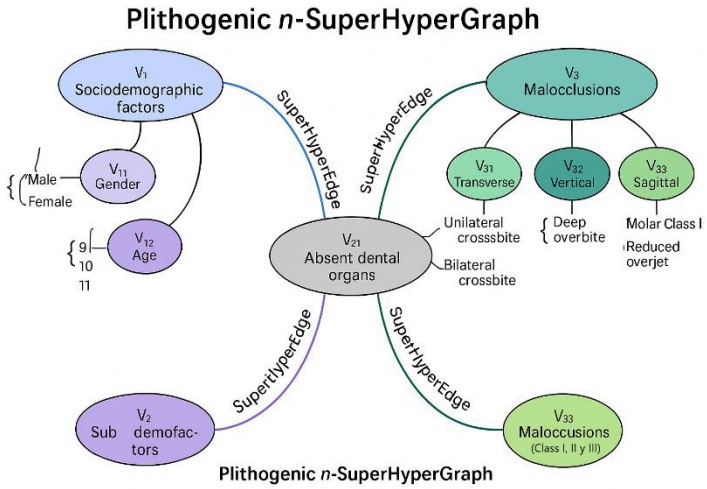


Figura 1: Representación estructural de las interrelaciones clínicas mediante Plithogenic n-SuperHyperGraph. Fuente: Elaboración propia.

En el plano transversal, la ausencia del primer molar inferior se relacionó con la aparición de mordidas cruzadas; en cambio, en el plano vertical, la pérdida del incisivo lateral inferior se asoció con sobremordida profunda. Mientras que, en el plano sagital, la agenesia mostró correspondencia con relaciones molares Clase I y una escasa frecuencia de Clase III.

Además, se registró una notable prevalencia de overjet disminuido, atribuida al desbalance oclusal generado por la ausencia dental. Estos resultados refuerzan la necesidad de considerar el número y la posición de los dientes ausentes como factores determinantes en la configuración oclusal, y validan la utilidad del Plithogenic n-SuperHyperGraph para representar la complejidad de interacciones en estudios morfofuncionales de carácter multidimensional.

4. Discusión

El desarrollo de las relaciones de Plithogenic n-SuperHyperGraph han permitido modelar la complejidad del fenómeno clínico mediante múltiples vértices plitogénicos, donde los atributos múltiples (género, edad, tipo de maloclusión, localización del diente ausente) se integran en un análisis estadístico multivariado. De hecho, ha constituido una herramienta clave en el análisis y estructura de los datos procesados.

A partir de este análisis, la presente investigación determinó una prevalencia de agenesia dental no sindrómica del 2.6%, valor que guarda estrecha concordancia con lo reportado en estudios realizados en países latinoamericanos, los cuales han informado cifras cercanas al 3.0% [11,23]. Aunque este porcentaje es inferior al observado en

diversas investigaciones europeas y asiáticas, la similitud relativa entre los datos obtenidos ha sugerido una posible uniformidad global en la prevalencia de esta anomalía dental. La coincidencia con estudios previos fortalece la validez de los resultados actuales, al reafirmar que la agenesia dental no sindrómica constituye una condición relativamente frecuente en la población general [12].

En cuanto a la distribución por sexo, los resultados del estudio evidencian una discrepancia con respecto a investigaciones anteriores, que indican una mayor prevalencia en mujeres [13]. En contraste, en la presente muestra se observó una predominancia masculina, al representarse en el 85.7% de los casos. Esta diferencia podría atribuirse a factores genéticos, a variaciones propias de la región geográfica o incluso a características culturales específicas de la población evaluada [14].

Respecto a la localización de los dientes ausentes, se identificó una mayor incidencia de agenesia a nivel mandibular, con un 57.1% de los casos, resultado que coincide con estudios realizados en otras regiones, donde se ha descrito una mayor afectación de los maxilares [15]. Esta coincidencia sugiere la existencia de patrones comunes posiblemente condicionados por influencias geográficas o étnicas [16,24]. Además, se registró una alta prevalencia en la ausencia de incisivos laterales inferiores, lo cual concuerda con observaciones realizadas en comunidades con ascendencia asiática. Para diferenciar con precisión entre la ausencia del incisivo central y lateral inferior, se tomaron en cuenta criterios como el desarrollo radicular y la secuencia de erupción dentaria.

Con respecto a la evaluación de las maloclusiones, se analizaron sus manifestaciones en los tres planos del espacio. En el plano transversal, se detectaron mordidas cruzadas unilaterales derechas en el 14.3% de los casos y bilaterales en el 28.6%, asociadas principalmente con la ausencia del primer molar inferior [17]. Estos datos respaldan lo descrito en la literatura, donde se ha establecido que la pérdida de piezas permanentes, en especial en zonas clave como los molares y premolares, puede alterar la relación oclusal, al favorecer desplazamientos dentarios y el desarrollo de mordidas cruzadas.

En la dimensión vertical, se observó una sobremordida profunda en el 85.7% de los pacientes, con mayor frecuencia en aquellos que presentaban ausencia del órgano dental #3.2. De hecho, es consistente con estudios que señalan que la pérdida de un incisivo mandibular, dada su reducida dimensión, puede comprometer la obtención de una relación vertical oclusal adecuada [18,25].

Por otro lado, el análisis del plano sagital, según la clasificación de Angle, reveló que el 85.7% de los pacientes presentaban una relación molar Clase I, mientras que el 14.3% correspondía a Clase III, sin casos identificados de Clase II. Este patrón contrasta con estudios que reportan una mayor prevalencia de maloclusión Clase II en individuos con agenesia dental, en particular en poblaciones con un promedio de edad superior. La diferencia podría explicarse por la edad media de los participantes del presente estudio (9.9 años), en quienes la erupción dentaria permanente aún no se ha completado. Cabe destacar que la clasificación molar definitiva, de acuerdo con la literatura especializada, se establece con mayor precisión entre los 12 y 13 años, cuando culmina la erupción de los órganos dentarios permanentes [19,26].

Finalmente, en la evaluación del overjet se identificó una prevalencia del 57.1% de resalte disminuido. Este resultado es coherente con investigaciones que vinculan la reducción del overjet con la pérdida de órganos dentales, situación que compromete la oposición entre las piezas antagonistas. De hecho, la ausencia dentaria en una región determinada puede generar desequilibrio oclusal, al favorecer los desplazamientos dentarios en el arco opuesto y al generar alteraciones en la relación interarcada. Por tanto, resalta la prioridad del número y posición de las piezas ausentes como factores determinantes en la configuración oclusal de los pacientes con agenesia dental no sindrómica [20,27].

5. Conclusión

La implementación del modelo Plithogenic n-SuperHyperGraph ha permitido estructurar y analizar de forma comprehensiva el comportamiento de la agenesia dental no sindrómica en una población pediátrica escolarizada. Esta herramienta, basada en una lógica multivalente y orientada al tratamiento de la incertidumbre y la heterogeneidad de los datos clínicos, ha posibilitado determinar que la prevalencia de agenesia dental no sindrómica en la población pediátrica evaluada ha sido del 2,6 %. Este resultado ha sugerido una tendencia creciente de esta anomalía en entornos urbanos, lo cual apunta a la participación de una serie de factores etiológicos interrelacionados. Entre estos, han destacado la herencia genética, las transformaciones en los hábitos alimentarios y las condiciones ambientales, que podrían desempeñar un papel determinante en el desarrollo de esta alteración dentaria.

Asimismo, el estudio ha permitido identificar y caracterizar las maloclusiones presentes en niños con agenesia dental no sindrómica. Los datos obtenidos han revelado una asociación significativa entre esta anomalía del desarrollo dental y la aparición de desequilibrios oclusales. De forma particular, se ha evidenciado una mayor frecuencia de mordida cruzada, tanto unilateral derecha como bilateral, así como una alta prevalencia de sobremordida profunda y reducción del resalte horizontal. Estos resultados han reforzado la hipótesis de que la ausencia congénita de órganos dentales puede provocar alteraciones en la posición de los dientes vecinos y antagonistas, al generar desplazamientos y migraciones dentarias que comprometen la alineación oclusal. En consecuencia, la agenesia dental no sindrómica debe considerarse un factor contribuyente relevante en la etiopatogenia de diversas maloclu-

siones, por tanto, se debe trabajar en su detección temprana para una intervención ortodóncica oportuna y adecuada.

Referencias

[1] L. Borsa, D. Estève, C. Charavet, and L. Lupi, "Malocclusions and oral dysfunctions: A comprehensive epidemiological study on 359 schoolchildren in France," *Clinical and Experimental Dental Research,* vol. 9, no. 2, pp. 332-340, 2023. [Online]. Available: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cre2.719.

[2] Y. Ju *et al.*, "Exonic and Intronic WNT10A Variants Isolated from Korean Children with Non-Syndromic Tooth Agenesis," *Diagnostics,* vol. 15, no. 3, p. 310, 2025. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2075-4418/15/3/310.

[3] N. Gkantidis, M. Tacchi, E. S. Oeschger, D. Halazonetis, and G. Kanavakis, "Third molar agenesis is associated with facial size," *Biology,* vol. 10, no. 7, p. 650, 2021. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2079-7737/10/7/650.

[4] A. Azzaldeen, A. Mai, A. Maria, and A.-H. Muhamad, "The Interdisciplinary Management of Tooth Agenesis; Clinical Update," *Journal of Medical and Dental Science Research,* vol. 11, no. 8, pp. 45-56, 2024. [Online]. Available: https://www.questjournals.org/jmdsr/papers/vol11-issue8/11084556.pdf.

[5] Z. Shen, J. Wei, J. Zhang, Y. Zhang, and J. Yao, "The prevalence of dental agenesis, supernumerary teeth and odontoma in a Chinese paediatric population: an epidemiological study," *BMC Oral Health,* vol. 25, no. 1, pp. 1-10, 2025. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-025-05819-4.

[6] C. C. Fernandez *et al.*, "IRF6, MSX1, TGFA, dental anomalies, and skeletal malocclusion," *European Journal of Orthodontics,* vol. 43, no. 4, pp. 478-485, 2021. [Online]. Available: https://academic.oup.com/ejo/article/43/4/478/5984143?login=false.

[7] P. M. Marra, B. Iorio, A. Itro, R. Santoro, and A. Itro, "Association of tooth agenesis with dental anomalies in young subjects," *Oral and maxillofacial surgery,* vol. 25, no. July pp. 35-39, 2021. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s10006-020-00879-y.

[8] O. C. Andrei, M. I. Dinescu, A. Bisoc, D. I. Tărlungeanu, R. Mărgărit, and M. N. Dina, "Orthodontic treatment of a non-syndromic patient with congenital agenesis of multiple permanent teeth: a rare case," *Romanian Journal of Morphology and Embryology,* vol. 65, no. 2, p. 317, 2024. [Online]. Available: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11384856/.

[9] M. Rahmati and M. Hamidi, "On Strong Super Hyper EQ Algebras: A Proof-of-Principle Study," *Plithogenic Logic and Computation,* vol. 2, no. August, pp. 29-36, 08/04 2024. [Online]. Available: https://sciencesforce.com/index.php/plc/article/view/351.

[10] F. Smarandache, "Foundation of SuperHyperStructure & Neutrosophic SuperHyperStructure," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 63, no. 1, p. 21, 2024. [Online]. Available: https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2577&context=nss_journal.

[11] A.-T. Farcașiu *et al.*, "Congenitally missing second permanent molars in non-syndromic patients," *Experimental and Therapeutic Medicine,* vol. 23, no. 2, p. 145, 2022. [Online]. Available: https://www.spandidos-publications.com/10.3892/etm.2021.11068.

[12] D. K. Schroeder, M. A. Schroeder, and V. Vasconcelos, "Agenesis of maxillary lateral incisors: diagnosis and treatment options," *Dental Press Journal of Orthodontics,* vol. 27, no. 01, pp. 1-25, 2022. [Online]. Available: https://www.scielo.br/j/dpjo/a/PJHtchSVdFpKSnWBQ9d5Hft/.

[13] C. Kanchanasevee, S. Chantarangsu, P. Pittayapat, and T. Porntaveetus, "Patterns of nonsyndromic tooth agenesis and sexual dimorphism," *BMC Oral Health,* vol. 23, no. 1, p. 37, 2023. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-023-02753-1.

[14] D. Semjid, H. Ahn, S. Bayarmagnai, M. Gantumur, S. Kim, and J. H. Lee, "Identification of novel candidate genes associated with non-syndromic tooth agenesis in Mongolian families," *Clinical Oral Investigations,* vol. 28, no. 1, p. 56, 2023. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-023-05415-2.

[15] F. Cammarata-Scalisi *et al.*, "Main genetic entities associated with tooth agenesis," *Clinical oral investigations,* vol. 29, no. 1, pp. 1-10, 2025. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-024-05941-7.

[16] E. Caramaschi, E. Lalli, V. Garau, A. Verdecchia, and E. Spinas, "Permanent Maxillary Lateral Incisors' Agenesis Managed by Mini-Screw Implant-Supported Pontics: A Scoping Review," *Dentistry Journal,* vol. 13, no. 3, p. 96, 2025. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2304-6767/13/3/96.

[17] A. Farias *et al.*, "Characterization of enamel developmental defects in patients with orofacial clefts and their relationship to surgical procedures," *Clinical Oral Investigations,* vol. 27, no. 12, pp. 7809-7820, 2023. [Online]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-023-05370-y.

[18] N. R. McGarty, C. Delre, C. Gaeta, and T. Doldo, "Corrections of Dental Anomalies in the Maxillary Incisors and Their Influence on Perceived Smile Esthetics: A Systematic Review," *Bioengineering,* vol. 12, no. 3, p. 262, 2025. [Online]. Available: https://www.mdpi.com/2306-5354/12/3/262.

[19] C. Modafferi, E. Tabolacci, C. Grippaudo, and P. Chiurazzi, "Syndromic and Non-Syndromic Primary Failure of Tooth Eruption: A Genetic Overview," *Genes,* vol. 16, no. 2, p. 147, 2025. [Online]. Available: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11855040/.

[20] R. Guarnieri, S. Bertoldo, G. Galluccio, M. Cassetta, and E. Barbato, "Dental and skeletal features in subjects with missing maxillary lateral incisors: a case control retrospective study," *Minerva Dental and Oral Science,* vol. 72, no. 2, pp. 108-117, 2022. [Online]. Available: https://europepmc.org/article/med/36285596.

[21] Correa-Vaca, A. M., Miralles, C., Márquez-Sánchez, F., & Vergara-Romero, A. "Circular Economy Based on Reverse Logistics: A Systematic Literature Review". Kurdish Studies, vol. 12, num. 1. 2023. Availble:

https://www.researchgate.net/profile/Fidel-Marquez-Sanchez/publication/377874532_Circular_Economy_Based_on_Reverse_Logistics_A_Systematic_Literature_Review/links/65bbb6301e1ec12eff690232/Circular-Economy-Based-on-Reverse-Logistics-A-Systematic-Literature-Review.pdf

[22] Von Feigenblatt, O. F. "El retorno del generalista: las humanidades, las artes liberales y la inteligencia artificial". Revista Internacional del Instituto de Pensamiento Liberal, vol. 1, num. 1, pp 37-50, 2024. Availble: https://doi.org/10.51660/ripl.v1i1.9

[23] Estupiñán, C. P., Ortega, R. S., Márquez-Sánchez, F., & Romero, A. V. "Soberanía alimentaria desde la política pública y sus argumentos: Food sovereignty from public policy and its arguments". REVISTA CIENTÍFICA ECOCIENCIA, vol. 8, pp 79-93, 2021. Availble: https://doi.org/10.21855/ecociencia.80.635

[24] López Gutiérrez, J. C., Pérez Ones, I., Estupiñán Ricardo, J., & Ramos Carpio, J. P. "Integrating Neutrosophic Theory into Regression Models for Enhanced Prediction of Uncertainty in Social Innovation Ecosystems". Neutrosophic Sets and Systems, vol. 71, num. 1, pp 18, 2024. Availble: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol71/iss1/18/

[25] von Feigenblatt, O. F. “Research Ethics in Education. In Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies”, pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025. Availble: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-9881-0_7

[26] Sánchez, F. M. "¿ Qué universidad necesitamos para enfrentar los retos del desarrollo?". Revista Uniandes Episteme, vol. 11, num. 3, pp. 305-307, 2024. Availble: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9948108.pdf

[27] von Feigenblatt Rojas, O. F. "Presentación del campo emergente de la Diplomacia Académica". Revista Universidad y Sociedad, vol. 15, num. 2, pp. 316-325, 2023. Availble: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202023000200316&script=sci_arttext

Recibido: febrero 28, 2025. Aceptado: marzo 23, 2025

NCML

Neutrosophic Computing and Machine Learning

UNIVERSITY OF NEW MEXICO, NEUTROSOPHIC SCIENCE INTERNATIONAL ASSOCIATION AND LATIN AMERICAN ASSOCIATION OF NEUTROSOPHIC SCIENCES

Information about the Journal

Neutrosophic Computation and Machine Learning (NCML) is an academic journal that has been created for publications of advanced studies in neutrosophy, neutrosophic set, neutrosophic logic, neutrosophic probability, neutrosophic statistics, Neutrosophic approaches to machine learning, etc. and their applications in any field.

All submitted papers should be professional, in good English or Spanish language, containing a brief review of a problem and obtained results.

All submissions should be designed in using our template.

To submit a paper, e-mail the file to the Editors-in-Chief. To order printed issues, contact the editors. This journal is open-access, non-commercial, academic edition. It is printed for private donations.

The neutrosophics website at UNM is:
http://fs.unm.edu/neutrosophy.htm

The home page of the Journal is accessed on:
http://fs.unm.edu/NCML/

Prof. Florentin Smarandache, PhD,
Postdoc, Mathematics Department, University of New Mexico, Gallup, NM 87301, USA.
Email: smarand@unm.edu

Prof. Maikel Leyva _ Vázquez, PhD,
Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería en Sistemas, Guayaquil. Ecuador.
Email: mleyvaz@gmail.com

$39,95